



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Determinación del potencial de captura de carbono en plantaciones de eucalipto
(*Eucalyptus globulos*) y pino (*Pinus radiata*) Sihuas-Ancash, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Br. Alzamora Paucar, Jhoselyn Mariana (ORCID: 0000-0001-6716-5908)

Br. Tapia López, José Wander (ORCID: 0000-0003-1165-0386)

ASESOR:

Dr. Cruz Monzón, José Alfredo (ORCID: 0000-0001-9146-7615)

COASESOR:

Mg. Huerta Chombo, German Luis (ORCID: 0000-0002-6211-4578)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad de gestión de los recursos naturales

TRUJILLO - PERÚ

2020

Dedicatoria

Esta investigación está dedicada en primer lugar a Dios ya que nos ha protegido durante todo este camino profesional y nos fortaleció espiritualmente para poder cumplir nuestras metas día a día.

Así como también agradecer a nuestros padres Jimmy Alzamora. L y Mariana Paucar. C a Luciano Tapia. P y Rosa López. C por impulsarnos continuamente en nuestra vida inculcándonos valores y brindándonos su apoyo en cada etapa de nuestra vida es por ello que este logro se los dedicamos a ustedes.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Ing. Germán Huerta Chombo quien fue el que nos brindó acceso a nuestras zonas de muestreo en nuestro lugar de estudio, al Ing. Walter Moreno Eustaquio por apoyarnos en diseñar un programa para la determinación de captura de carbono, así como también al Ing. Medardo Alberto Quezada Álvarez y al Dr. José Alfredo Cruz Monzón quienes fueron nuestros asesores, por guiarnos en el desarrollo de la tesis.

Así como también nuestro más grande agradecimiento a nuestros padres por apoyarnos incondicionalmente en todo este camino y motivándonos a ser mejores cada día como unas personas con valores y virtudes.

A la escuela profesional de Ingeniería Ambiental, por formarnos con los mejores conocimientos éticos, teóricos y técnicos para nuestro futuro profesional.

Los Autores

Página del Jurado

Pagina del Jurado

Declaratoria de autenticidad

Yo, Jhoselyn Mariana Alzamora Paucar identificada con DNI N° 71378280; egresada de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo-Trujillo he realizado la Tesis titula Determinación del potencial de captura de carbono en plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulos*) y pino (*Pinus radiata*) Sihuas-Ancash, 2019 ,a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis es de mi autoría y que toda la documentación, datos e información recaudada que en ella se presenta es totalmente veraz y auténtica.



Jhoselyn Mariana Alzamora Paucar

DNI:71378280

Declaratoria de autenticidad

Yo, José Wander Tapia López identificado con DNI N° 73568743; egresado de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo - Trujillo he realizado la Tesis titulada Determinación del potencial de captura de carbono en plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulos*) y pino (*Pinus radiata*) Sihuas-Ancash, 2019; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaro bajo juramento que la tesis es de mi autoría y que toda la documentación, datos e información recaudada que en ella se presenta es totalmente veraz y auténtica.

Así como también dejamos constancia que las referencias bibliográficas se han citado de acuerdo al ISO 690 según la guía de productos observables de las experiencias curriculares de investigación de fin de programa impuesta por la Universidad Cesar Vallejo y por la que no asumimos como opiniones o resultados nuestros la diversa información que se encuentra citada



José Wander Tapia López

DNI: 73568743

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad	vi
Índice	viii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO	11
2.1. Tipo y diseño de Investigación	11
2.2. Operacionalización de variables	11
2.3. Población, muestra y muestreo	12
2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	13
2.6. Método de análisis de datos	16
2.7. Aspectos éticos	16
III. RESULTADOS	17
IV. DISCUSIÓN.....	22
V. CONCLUSIONES.....	25
VI. RECOMENDACIONES	26
REFERENCIAS	27
ANEXOS	33
ANEXOS 01: Panel fotográfico	33
ANEXO 02: Mapas e imágenes Matlab.	37
ANEXO 03: Tablas.....	41
ANEXO 04: Ficha de registro-fase trabajo en campo	56
ANEXO 05: Tablas estadísticas	56
ANEXO 06: Gráficos de variables para las especies forestales de eucalipto y pino.....	58
ANEXO 7: Imágenes de la formulación del programa Matlab.	61

Índice de tablas

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	11
Tabla 2: Estimación del potencial de la captura de carbono de las especies eucalipto y pino .	17
Tabla 3: Crecimiento de población arbórea dentro de la microcuenca Sihuas.....	18
Tabla 4: Tabla de promedios de carbono en biomasa y densidad de carbono en las especies forestales de eucalipto y pino.	19
Tabla 5: Análisis de correlación rho de Spearman entre (altura, Dap, volumen, densidad de carbono en eucalipto y pino)	20
Tabla 6: Tabla de información forestal en la zona de estudio-2019.....	41
Tabla 7: Tabla de información forestal en la zona de estudio-2019.....	41
Tabla 8: Tabla de promedios de medidas dasométricas del eucalipto-2019	41
Tabla 9: Tabla de promedios de medidas dasométricas del pino-2019.....	41
Tabla 10: Tabla de determinación de área basal por especie en m2-2019	42
Tabla 11: Tabla de pesos de sub muestras de Eucalipto tomadas en campo-2019	42
Tabla 12: Tabla de pesos de sub muestras de Pino tomadas en campo-2019	42
Tabla 13: Tabla de porcentaje de materia seca de las especies forestales de Eucalipto y Pino-2019	42
Tabla 14: Medidas dasométricas Eucalipto-2019.....	43
Tabla 15: Medidas dasométricas Pino-2019.....	49
Tabla 16: Inventario de plantas en campo	56
Tabla 17: Prueba de normalidad.....	56
Tabla 18: Suma de rangos y rango promedio.....	57
Tabla 19: Prueba no parametrica de mann-whitney	58

Índice de figuras

Figura 1: Área forestada con Eucalipto y Pino microcuenca Sihuas – Ancash	18
Figura 2: Área forestadas con eucalipto y pino durante los años 2014 y 2019. Fuente: Propia	19
Figura 3: Determinación del área para eucalipto Fuente: Propia	33
Figura 4: Medición de la hectárea Fuente: Propia.....	33
Figura 5: Medición de distancia entre especies Fuente: Propia	33
Figura 6: Medición de diámetro a la altura del pecho Fuente: Propia	33
Figura 7: Talado de la especie forestal.....	34
Figura 8: Medición de la altura total del árbol Fuente: Propia.....	34
Figura 10: Corte de las partes del árbol Fuente: Propia	34
Figura 9: Medición del árbol talado Fuente Propia.....	34
Figura 12: Muestras del tronco del árbol talado Fuente: Propia	35
Figura 11: Pesaje de rodaja del árbol talado Fuente: Propia	35
Figura 14: Pesaje de rodaja media del árbol talado Fuente: Propia	35
Figura 13: Pesaje de rodaja media del árbol talado Fuente: Propia	35
Figura 15: Pesaje de ramas Fuente: Propia	36
Figura 16: Pesaje de hojas Fuente propia.....	36
Figura 18: Muestras en estufa a 70 °C Fuente: Propia.....	36
Figura 17: Pesaje final de muestras Fuente: Propia	36
Figura 19: Mapa de cobertura arbórea de eucalipto y pino en la microcuenca Sihuas,Ancash 2014	37
Figura 20: Imagen satelital 2014.....	38
Figura 21: Mapa de cobertura arbórea de eucalipto y pino en la microcuenca Sihuas,Ancash 2019	39
Figura 22: Imagen satelital 2019	40
Figura 23: Variable dependiente de captura de carbono de la especie forestal pino (DAP)....	58
Figura 24: Variable dependiente de captura de carbono de la especie forestal pino (Altura de biomasa).	59
Figura 25: Variable dependiente de captura de carbono de la especie forestal Pino(volumen).	59
Figura 26: Variable dependiente densidad de carbono-captura de carbono en especie forestal eucalipto (Altura).....	60
Figura 27: Variable dependiente densidad de carbono-captura de carbono en especie forestal eucalipto (Dap).	60
Figura 28: Variable dependiente densidad de carbono-captura de carbono en especie forestal eucalipto (Volumen).	61
Figura 29: Formulación de ecuación para la especie forestal Eucalyptus globulos.....	61
Figura 30: Formulación de ecuación para la especie forestal Pinus radiada.....	62

RESUMEN

Las especies forestales de eucalipto y pino en la actualidad son utilizadas en proyectos de forestación y reforestación, a su vez estas especies forestales contribuyen con el medio ambiente brindando servicios ambientales y por sus características de crecimiento se adecuan al clima de la región sierra en el Perú, actualmente el proyecto de reforestación en la microcuenca Sihuas alberga en promedio 3343.63 Ha forestadas con eucalipto y pino. La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar el potencial de la captura de carbono de las plantaciones de eucalipto (*Eucaliptus glóbulus*) y (*Pinus radiata*) como potenciales agentes de mitigación del cambio climático en Sihuas-Ancash; estudio que se realizó en el año 2019. La metodología utilizada requirió la utilización de un análisis semi- destructivo del material de estudio, con la finalidad de evaluar por hectárea y por especie de muestreo. Se determinó el número de árboles por muestra y la selección de la unidad de análisis por especie forestal, como paso crucial para la obtención de la ecuación alométrica. El estudio se realizó en tres fases: Trabajo en campo, trabajo en laboratorio y trabajo en gabinete; concluyendo que el potencial de captura de carbono para el eucalipto fue de 359.75 Tn/Ha y para el pino de 155.75 Tn/Ha, siendo entonces la primera quien la que presentó mayor potencial de captura de carbono en la microcuenca Sihuas en el año 2019. Finalmente se determinó que la variación de cobertura forestal aumentó en un 8.5% a 12.96% lo cual equivale a 1146.91 Ha en el área de la microcuenca.

Palabras claves: Especies forestales, Eucalipto, Pino, captura de carbono.

ABSTRACT

The eucalyptus and pine forest species are currently used in afforestation and reforestation projects, in turn these forest species contribute to the environment by providing environmental services and because of their growth characteristics they adapt to the climate of the Sierra region in Peru, currently the reforestation project in the Sihuas microbasin houses an average of 3343.63 hectares forested with eucalyptus and pine. The main objective of this research was to determine the potential of carbon sequestration of eucalyptus (*Eucalyptus globule*) and (*Pinus radiata*) plantations as potential climate change mitigation agents in Sihuas-Ancash; study that was carried out in the year 2019. The methodology used required the use of a semi-destructive analysis of the study material, in order to evaluate by hectare and by species of sampling. The number of trees per sample and the selection of the unit of analysis by forest species were determined as a crucial step in obtaining the allometric equation. The study was carried out in three phases: Field work, laboratory work and cabinet work; concluding that the carbon sequestration potential for eucalyptus was 359.75 Tn / Ha and for the pine of 155.75 Tn / Ha, then it was the first who presented the greatest potential for carbon sequestration at the Sihuas microbasin in 2019. Finally, it was determined that the variation in forest cover increased by 8.5% to 12.96%, which is equivalent to 1146.91 Ha in the microbasin area.

Keywords: Forest species, Eucalyptus, Pine, carbon capture.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha logrado ver un aumento de los gases de efecto invernadero (GEI) en la capa atmosférica, siendo esta una de las principales causas que contribuye con el cambio climático. Las concentraciones de estos gases son constituidas por emisiones provocadas por las actividades humanas que en un plano general sirven de desarrollo y la absorción neta por la biosfera y los océanos (OMM, 2017, p.7).

El incremento del dióxido de carbono (CO₂) entre los años 2015 y 2016 fue uno de los mayores crecimientos anuales observados desde 1984. El episodio ocurrido en el año 2016 de “El Niño” contribuyó a un aumento acelerado del CO₂. El episodio de El Niño de 2015/2016 propició una interacción entre el cambio climático y el ciclo del carbono, esto debido a que en el año 2016 hubo un incremento en las emisiones por parte de fuentes terrestres y a esto se le suma la falta de flora o vegetación que cumplen el rol de captación de estos gases. (OMM,2017, p.8)

Las altas temperaturas han afectado a la producción de la flora en ambientes semiáridos; en estas zonas la fauna silvestre batalla con los animales domésticos por comida y agua, la falta del recurso agua por largo tiempo y de manera frecuente, han afectado en las últimas décadas, aumentando la tensión por la escasez de recursos disponibles, los cuales tienen que ser divididos con la fauna silvestre. (FAO,2016, p.42)

El espacio forestal a nivel global se ha reducido 129 millones de hectáreas (un 3,1 %) en un lapso de tiempo comprendido entre los años 1990 y 2015, en la actualidad la superficie forestal se encuentra por debajo de los 4.000 millones de hectáreas a nivel mundial. La deforestación es uno de los principales motivos de preocupación ante la pérdida de bosques. El parar la pérdida de bosques traerá consigo muchos beneficios para millones de personas, ayudará a hacerle frente al cambio climático, así como también preservar los hábitats del 75 % de la biodiversidad terrestre a nivel mundial y mantener la fortaleza de los ecosistemas (FAO,2016, p.32).

Ciertamente los bosques son importantes por los servicios ecosistemáticos que proporcionan dentro de los que destacan los asociados a la captura y almacenamiento de

carbono, a la regularización del régimen hídrico y la provisión del agua, así como de albergar la biodiversidad que beneficia a toda la sociedad y son de vital importancia frente al cambio climático (MINAM ,2016, p.154)

El cálculo de la biomasa aérea y su distribución en compartimientos del árbol son de vital importancia, ya que con el conocimiento de la biomasa se puede lograr la estimación de dióxido de carbono que pueden almacenar los ecosistemas forestales y a partir de estos datos realizar proyectos para pago de servicios ambientales brindados por los bosques, lo que generaría ingresos económicos adicionales y por lo cual la calidad de vida de las poblaciones involucradas aumentaría. (Zamora,2003, p.72).

En el Perú se hizo un acuerdo internacional en el cual se trazó metas de adaptación y mitigación para combatir el efecto del cambio climático, formulando metas de adaptación y mitigación, en estas metas se involucra a todos los sectores de la sociedad, es por ello que se están realizando proyectos de inversión pública que orienten a la moderación del cambio climático para disminuir los niveles de vulnerabilidad en cinco ejes temáticos priorizados: agua, agricultura, pesca, bosques y salud. (MINAM,2015, p.10).

A nivel internacional existen investigaciones para reducir y evaluar cómo es que las plantaciones forestales cumplen un papel importante en la mitigación del cambio climático y la reducción de las emisiones de CO₂ como la de RODRIGUEZ, Luis Y. *et al.* (2016) que en su investigación titulada “Estimación de biomasa y carbono almacenado en bosques comunitarios de la región Frailesca de Chiapas, México”, tuvo como objetivo principal determinar la biomasa y el carbono almacenado en bosques de pino, teniendo en cuenta indicadores como la altura(H), la edad en años de los árboles y el diámetro normalizado (DN); donde se determinó que las hectáreas de las plantaciones de pino registraron un almacén de 158 Mg ha⁻¹, y se demostró que teniendo en cuenta la edad de los árboles es posible calcular la biomasa acumulada.

Así mismo tenemos la investigación de LOPEZ, Liliana, *et al.* (2016), que se titula “Carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) de diferentes edades”, la cual hace referencia a que las especies forestales contribuyen con la disminución de CO₂ en la atmosfera y que son aprovechadas por estas a través de la

fotosíntesis para generar sus propios nutrientes, pero el objetivo principal de esta investigación fue estimar el carbono almacenado en la biomasa aérea de las plantaciones, también nos indicó que según sus resultados obtenidos el carbono almacenado en estas especies varían según las edades de estas y que las plantaciones forestales si contribuyen a la atenuación del cambio climático.

Por otro lado ARANDA, Rutver, *et al.*(2018), en su investigación titulada “Captura de carbono en la biomasa aérea de la palma de aceite en Chiapas, México”, hace hincapié en que se puede considerar como una alternativa de mitigación al cambio climático la captura de carbono en biomasa, esta investigación se llevó a cabo en un tiempo de año y medio teniendo en cuenta a 21 plantas como muestra de doce años en promedio de la especie palma de aceite, con estos datos se realizó un estudio estadístico descriptivo para conocer los valores en biomasa y esta cantidad se determinó por el método de Walkey y Black, así mismo a partir de la variable volumen se generó una ecuación alométrica que estima biomasa, obteniendo como resultado que la biomasa acumulada por planta fue de 1877.30 kg que represento 268.45 Tn/ha con una densidad promedio de 143 plantas/ ha.

CHIMBO, Inés (2016) también nos menciona en su investigación titulada “Evaluación del carbono en la biomasa de dos especies forestales introducidas (*Eucalyptus* y *Pinus*) y una especie nativa (*Hesperomeles ferruginea*) en el bosque Aguarongo”. que tuvo como objetivo principal evaluar el carbono en la biomasa de 2 especies forestales introducidas (*Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata*) y una especie nativa (*Hesperomeles ferruginea*) en el bosque Aguarongo, donde concluyo que las especies introducidas del Eucalipto y pino capturan menos carbono que la especie nativa Hesperomeles Ferruginea, teniendo en cuenta que los resultados estuvieron por debajo del promedio, valores que son: Para el pino 34,45 Tn/ha y para el eucalipto de 19,91 Tn/ha pero que de igual manera aporta a la reducción de emisiones y a contrarrestar los efectos del cambio climático.

A nivel nacional también existen investigaciones relacionadas al tema de disminución de emisiones de CO₂ y referidas a la mitigación del cambio climático tal es el caso de MAQUERA, Delia (2017), en su investigación titulada “Determinación del contenido de carbono por especie forestal en el bosque del CIP Camani-Una-Puno por titulación”, donde se estimó la cantidad de carbono en la producción de biomasa en los forestales de Eucaliptos,

Ciprés y Pino, donde se tomó 3 muestras de cada árbol para su análisis por el método de combustión húmeda (walkey and Black) obteniendo resultados que muestran que la mayor biomasa aérea total en el bosque la tuvo el Eucalipto con 2 411.82 Tn seguido del Pino con 869.90 Tn y por último el Ciprés con 473.22 Tn; en cuanto a captura de carbono el Eucalipto obtuvo 3.88 Tn/C/ha/año, el Pino 5.24 Tn/C/ha/año y el Ciprés 2.12 Tn/C/ha/año.

Por otro lado, abarcando un tema un poco más amplio SARCCA, Yasmeli (2017), en su investigación titulada “Valoración económica del servicio ecosistémico de secuestro y almacenamiento de carbono en el bosque de *Polylepis* del pichu pichu, Arequipa- 2016”, Justificó el potencial que tienen los bosques de *Polylepis* para hacer frente al cambio climático, la cual propuso tres objetivos, como es diseñar una ecuación alométrica para la especie forestal mencionada, estimar la cantidad de carbono que se almacena en dicho bosque(Tn/C) y obtener el valor del servicio ecosistémico es así que siguiendo las pautas del Manual de construcción de ecuaciones alométricas, se encontró que el modelo potencial: $B = 0.16496 [A + D]^{2.667785}$ explica mejor la relación entre biomasa del árbol y las variables dasométricas correspondientes, así también se estimó que el bosque en el cual se hizo la investigación posee un stock de carbono de 140 485.436 Tn/C y el valor económico del servicio ecosistémico es de S/. 5 326 259.87.

ARAUJO, Ingrid y DIAZ, José (2018), con su investigación titulada “Evaluación del almacenamiento de carbono de la especie forestal “*Eucalyptus globulus lamill*” y su relación con los índices de vegetación en el bosque de Pallasca - Ancash, 2018. Sostuvo que los ecosistemas forestales cumplen un papel muy importante en la regulación térmica y que además de esto tienen como una más de sus funciones almacenar carbono, esto a partir del secuestro de carbono, dentro de esta investigación se propuso como objetivo cuantificar las toneladas por hectárea de almacenamiento de carbono que han sido almacenadas por el bosque de eucalipto.

Según, ALFARO, Rafael (2017) en su investigación “Captura de carbono en rebrotes de *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus lamill*” en motil, provincia de Otuzco del departamento de La Libertad-Perú”. Nos menciona que se determinó la biomasa y el stock de carbono en parcelas de 250 m² en 10 rodales de rebrotes de plantaciones de eucalipto utilizando

ecuaciones alométricas de biomasa y carbono mediante el análisis de regresión teniendo en cuenta los mínimos cuadrados, para esta investigación se seleccionaron variables independientes como lo es el DAP y altura. Las ecuaciones definidas fueron aquellas con menor valor de cuadrado medio de error (CME) del ANVA, en este estudio se utilizó la ecuación $b_0 + b_1 \text{dap} + b_2 \text{dap}^2$; los parámetros fueron, b_0 -0,4878, b_1 2,3649 y b_2 0,0005; para biomasa y para la estimación de carbono se utilizó la ecuación $b_0 + b_1 \text{dap}^2 + b_2 \text{h}^2$, donde los parámetros fueron b_0 3,7964, b_1 0,0860 y b_2 0,0002 para una mayor exactitud en el resultado de biomasa y carbono. De los resultados obtenidos, para biomasa y carbono fue mayor en el rodal de 7 años de edad alcanzando 79,51 Tn/ha en biomasa y 37,39 Tn/ C/ha.

El Cambio climático es un cambio o alteración en el clima debido a los cambios del tamaño de la atmosfera siendo su principal manifestación la elevación de la temperatura global a causa del acaparamiento de gases de efecto invernadero. (FAO,2003, p.3). Afecta directamente a la fisiología y funcionamiento natural de los ecosistemas, produciendo cambios en la productividad global y efectos en la salud de las personas. (CHAO y FENG, 2018), así como afecta en la alteración de la distribución de las especies, como también en la desaparición directa de algunas especies o poblaciones (GUITIERREZ, E,2015).

Al hablar del cambio climático tenemos que tocar el tema del calentamiento global, que está definido como un término utilizado para describir el alza de temperaturas debido a las acciones de los seres humanos (GALVAN, Javier 2007, p.51). El calentamiento global se debe en su mayor parte al incremento del CO_2 en la atmosfera debido a la industrialización y al uso de combustibles fósiles y en general a todos los GEI producidos por las actividades humanas o naturales, estas emisiones generan un aumento en la temperatura global. (LETCHER, Trevor,2019).

Dentro de estos contaminantes tenemos al dióxido de carbono (CO_2) que es un gas carbónico, inodoro e incoloro, no inflamable y ligeramente ácido formado por un átomo de carbono y dos de oxígeno (LINO, K,2009, p.70) El dióxido de carbono, es uno de los gases que se encuentran en mayor concentración dentro de los gases de efecto invernadero (GEI), tiene una larga vida útil (CRUZ,N,2015). La cantidad de concentración de dióxido de carbono

aumentó considerablemente en las últimas décadas debido al excesivo uso de combustibles en automóviles, la industrialización, el incremento de la población, razones por las cuales las emisiones de dióxido de carbono son causantes de los problemas ambientales y climáticos. (XU, Bin, 2016)

Para mitigar estos cambios en el ambiente tenemos el almacenamiento de carbono que es la capacidad que proporciona las plantas para mantener una determinada cantidad de carbono por hectárea para posteriormente ser liberado a la atmósfera gradualmente y la unidad de medida es mega gramo por carbono (SEGURA, M ,1997, p.147). La captura de carbono es un proceso donde los árboles a través de la absorción pueden suprimir el dióxido de carbono de la atmósfera provocando un impacto positivo de acuerdo al tipo de planta que se encuentre en el lugar (WWF.2014, p.10). La captura de CO₂ se realiza en pequeñas cantidades y se da cuando el árbol está en proceso de desarrollo así es como se justifica que es más importante cuanta captura a largo de su vida y no cuanto absorbe inmediatamente. (ORDOÑEZ Y MACERA, 2001, p. 6)

Así es como la captura de carbono es un servicio ecosistémico que se centra en la facultad que tienen la flora para capturar y almacenar carbono de la atmósfera y convertirlo en parte de la biomasa. Los niveles de absorción pueden ser mejores si los ecosistemas tienen el manejo adecuado. (World Wildlife Fund, 2014, p.10). El carbono en las plantas está relacionado con el crecimiento rápido de estas ya que, si este proceso se da en ellas, tienen mayor densidad de biomasa y alta área foliar específica, por tanto, tendrá una mayor captación de luz a través de la fotosíntesis y una alta capacidad de captura de carbono. (MONTES, C,2017).

El carbono en las plantas se encuentra en el tallo, follaje, hojarasca, y ramas. (ORDOÑEZ, J, 1999, p.120). Los árboles pueden desempeñar un papel muy importante ya que la captura de carbono por parte de estos retrasa o mitiga los efectos adversos del cambio climático, esto debido a que secuestran el carbono atmosférico en su fase de crecimiento. (JO, Hyun-Kil, 2019). Para la captura de CO₂ debemos tener en cuenta la biomasa, que es la materia seca es aquella que proviene de la masa orgánica que a su vez es expresada en toneladas y se generan o provocan a través de procesos naturales o provocados, en esta parte se aprovechan como sumideros a las raíces, ramas, etc. (REVITEC, 2014). La biomasa se produce a través de

procesos fotosintéticos. (ELOKA-EBOKA, Andrew, 2019), así mismo la biomasa de los arbustos cumplen con la medición del CO₂ secuestrada durante su crecimiento de masa arbustiva. (VELASQUE, M,2019).La biomasa aérea es materia orgánica que se sitúa o existe en la parte superior del suelo específicamente las plantas y sus partes. (BROWN, S, 1997, p.55), al igual que la biomasa, la hojarasca cumple un importante papel en los ecosistemas forestales, como el proporcionar refugio para organismos (BANI, Alessia, et al, 2018), la hojarasca engloba la materia orgánica que pasa por diferentes procesos de descomposición (MEDINA, C,2006).

La estimación de biomasa aérea se hace mediante una ecuación alométrica, esta ecuación permite calcular la biomasa de un árbol considerando las variables más fáciles de medir en una planta. (PICARD et al, 2012). Una de las dimensiones para estimar la captura de carbono es la medición del Dap, el diámetro de un árbol a una altura estándar “altura de pecho” esta altura varía según la altura de las personas; por esta razón es que se a estandarizado esta medida en 1.3 metros (STOCKDALE, M y CORBETT, J, 2008, p. 360).

El diámetro de un árbol se mide a una altura de 1.3 m se realiza en la posición cuesta arriba y en forma perpendicular, en un árbol horquillado, si la división del tronco empieza por debajo de 1.3 m se tendrá que medir las divisiones del tronco a la altura y será considerado como un árbol, mientras que si la horquilla comienza a 1.3 m o un poco más arriba, la medición del diámetro será por debajo de la intersección de la horquilla justo debajo de la protuberancia que podría influir en el Dap, en el caso de árboles con aletas se realiza a 30 cm por encima de las aletas de igual manera para los árboles con raíces aéreas, deberán medirse justo por encima del punto irregular y por ultimo para árboles inclinados se deberá medir del lado donde se forma el menor ángulo entre la superficie y el fuste.(FAO, 2004).

Debemos tener en cuenta que la forestación es una alternativa ante la protección de las laderas para evitar su deslizamiento bajo lluvias intensas, las inundaciones y desplazamiento de masa. (GARCIA, L,2016) y que se da con el establecimiento de plantaciones forestales en terrenos preferentemente o temporalmente forestales, con la finalidad de conservación, restauración o producción comercial. (FRAUME, Néstor, 2013, p.76.).

La forestación incluye beneficios muy importantes en la sociedad en la que se lleva a cabo,

beneficios como a la salud de los pobladores, beneficios informativos sociales y sobre todo servicios ambientales de apoyo, dentro de estos el cuidado de diversidad biológica y los servicios como regulación local del aire (por ejemplo, secuestro de contaminantes). (SOTIROV, M, 2017).

Las especies forestales que fueron utilizadas en proyectos de forestación más conocidos en el Perú, son por ejemplo el Eucalipto (*Eucalyptus globulus*) que es un árbol forestal de altura entre 45–55 metros; tiene un tipo de corteza: áspera, gris y persistente en la parte inferior, es lisa en la parte superior, las hojas jóvenes son opuestas, sésiles, amplexicaules y glaucas mientras que las hojas adultas son alternas, pecioladas, lanceoladas, casi siempre curvada, su madera es pardo amarillento clara, textura abierta, por lo general grano entrelazado, anillos de crecimiento bastante marcados, fuerte y durable. (FAO,1981, p.723).

La estadística en supervivencia de esta especie es bastante bajo, es por ello que se ha establecido que el crecimiento en promedio nacional el eucalipto se encuentra entre 50% a 60%. Este bajo índice de supervivencia de las plantaciones se debe a múltiples factores dentro de ello el clima no adecuado. (CARRILLO, H, 2001, p.201)

PRONAMACHCS (1998) mencionó que en la sierra del Perú existe un alto potencial por parte de los suelos, es decir con las propiedades necesarias para plantaciones forestales. En un estudio realizado para evaluar las plantaciones de Eucalipto realizadas en la región de la sierra peruana se obtuvo resultados con un alto índice de supervivencia con promedios de 86 % (+/- 12,45 %). Los factores que intervienen en el buen desarrollo de las plantaciones forestales son los lugares de siembra con mucha pendiente, pastoreo en las áreas donde se trasplanta los forestales, plantas no aptas de acuerdo a edad para ser trasplantadas y hoyos inadecuados, así como el clima inadecuado. (SIMBAÑA R, M, 2011, p.99).

Otra de las especies que fueron utilizadas en estos proyectos de forestación es el pino (*Pinus Radiata*) que es una especie forestal que cuenta con un único tallo ramificado, y la forma de la copa de esta especie forestal es amplia y ramificada (GUIDO, J, p.184), el pino alcanza 40 m de alto y un diámetro de 0.6 a 1.2 m con las condiciones climáticas necesarias así como

las propiedades de suelo apta, plantado en otros lugares que no cumplan con las condiciones ambientales apropiadas alcanza una vida corta (LIMACHE, P,1985). La especie forestal (*Pinus Radiata*) en repoblaciones artificiales (reforestación) forma copas estrechas y puntiagudas a los 40 a 50 años, luego de alcanzar esta altura dejan de crecer y tienden a aplanarse, resaltando que esta especie forestal en los peores sitios, es decir más expuestos o del suelo superficial, llegan a desarrollarse no más de 10m (CASTRO, Amelé *et al. (s.f)*), el pino, es un forestal muy importante debido a que esta especie forestal brinda servicios ambientales como son: La captura y almacén de carbono, regulación de la temperatura, y belleza escénica. (SAENZ, R,2017).

Conociendo la situación problemática que presenta el planeta frente al calentamiento global y el cambio brusco en el clima debido a las altas concentraciones de GEI, dentro de estos el CO₂, tenemos que tomar en cuenta esta problemática ambiental y proponer medidas de mitigación al cambio climático, es por eso que surge la pregunta ¿Cuál es el potencial de captura de carbono en las plantaciones de eucalipto (*Eucaliptus glóbulos*) y pino (*Pinus radiata*) como mitigación del cambio climático Sihuas - Ancash, 2019?.

Esta investigación se basó en proyectos impulsados por una inversión pública por parte del gobierno regional de Ancash, que inició proyectos a fin de contrarrestar los efectos del calentamiento global que se pudo evidenciar con un incremento de casi 2°C en los últimos 20 años del río Santa y la reducción de sus glaciares inició una serie de acciones precisas, entre ellas la forestación masiva de todos los ríos de la región. El primer proyecto de forestación se realizó en la microcuenca de Sihuas en el año 2006 para así buscar la mitigación del cambio climático y aumentar la calidad de vida de los pobladores.

El presente trabajo se justifica teóricamente ya que permitió a través de la generación de un conjunto de datos contribuir a producir conocimientos, produciendo una base de datos reales, que a su vez posibilitó dar a conocer lo tan importante que son las plantaciones forestales dentro de la microcuenca de Sihuas, así mismo se justifica de manera práctica la solución de problemas en el contexto de como las plantaciones forestales pueden capturar significativamente el carbono, por otro lado, se justifica metodológicamente ya que la

investigación generó un instrumento de recolección de información en el que obtuvo datos relacionados a como dichas especies tienen el potencial de capturar el carbono frente al cambio climático.

La finalidad de este trabajo de investigación, fue determinar el potencial de captura de carbono para poder identificar los distintos beneficios que se pueden generar, como regulación de las temperaturas, prevención de desastres, resguardo de cuencas hidrográficas, conservación de biodiversidad y belleza escénica (paisajes), además de convertirse en una oportunidad para brindar servicios ambientales como lo es la captura de carbono que traerá consigo beneficios tanto social como económico a las poblaciones involucradas, y a la vez incentivar a las autoridades de seguir realizando proyectos de forestación para poder llegar a un equilibrio en los ecosistemas.

La presente investigación se planteó objetivos, el principal es determinar el potencial de la captura de carbono de las plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus glóbulus*) y (*Pinus*) *radiata* como mitigación del cambio climático sihuas-ancash, 2019, mientras que dentro de los objetivos específicos planteados son: 1) Determinar la cobertura arbórea del año base (2014) utilizando imágenes satelitales y el uso del software “ARC-MAP10.4.1”, que por consiguiente da paso al objetivo específico 2) Determinar la variación de cobertura arbórea al año 2019 con las plantaciones de *Eucalyptus1 glóbulus* y *Pinus radiata* a través del software “ARC-MAP10.4.1”, y por último 3) Estimar el carbono capturado en la biomasa en las plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus glóbulus*) y pino (*Pinus radiata*).

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de Investigación

La presente investigación es tipo no experimental, los datos se recolectaron en campo, es por ello que nuestra labor se centró en sistematizarlos y analizarlos. La investigación es de carácter descriptivo – transversal ya que no hubo manipulación de variables, además tiene un alcance descriptivo comparativo, ya que se compararon los resultados de la captura de carbono en las diferentes especies forestales dentro de la microcuenca de Sihuas.

2.2. Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Captura de carbono	Proceso de absorción de los árboles para reducir el dióxido de carbono de la atmosfera provocando un impacto positivo de acuerdo al tipo de planta que se encuentre en el lugar (WWF.2014, p.10)	Se calcula a través de ecuaciones alométricas con las cuales se determinará el potencial de la captura de carbono de las especies forestales de eucalipto (<i>Eucalyptus globulos</i>) y pino (<i>Pinus radiata</i>)	_Biomasa aérea total _Carbono en la biomasa total aérea	Tonelada/hectárea Tn/ ha

Fuente: Elaboración Propia.

2.3. Población, muestra y muestreo

El área de estudio seleccionada está situada en el departamento de Ancash, provincia y distrito de Sihuas, la microcuenca Sihuas se encuentra entre las coordenadas 216301.00 m E; 9049192.00 m S; y 203478.27 m E; 9064721.09 m S. En esta microcuenca se cuenta con un promedio de 2000 ha forestadas con las especies de Eucalipto y Pino, considerado bosque mixto. La población general de pino y eucalipto en esta zona, impulsadas por un proyecto forestal que se llevó a cabo por el gobierno regional de Ancash, tuvo como resultado un total de 2000 ha de terrenos reforestados con las especies forestales (*Eucaliptus globulos* y *Pinus radiata*), y que trajo consigo beneficios interesantes para la población en general ya que estos bosques cumplen un muy importante rol en lo referido a conservación y regulación del clima (secuestro de carbono), así como generar una economía para los propietarios de estos terrenos reforestados. Por lo cual en este estudio los resultados obtenidos son de mucha significancia para generar datos como un inventario forestal más detallado de toda esta extensión de estos terrenos. Este estudio llevo a cabo el cálculo de biomasa aérea total a través de una ecuación alométrica, que posterior a esto nos dio el resultado de la presente investigación que es determinar cuál es el potencial de captura de carbono de las especies forestales (*Eucaliptus glóbulos* y *Pinus radiata*). Nuestra población estuvo conformada por una hectárea de cada especie forestal, en la cual nuestra muestra fue determinada por método estadístico a través de la siguiente formula.

$$\text{Tamaño de muestra} = \frac{\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2 * N} \right)}$$

Dónde: N= tamaño de población; e= margen de error (porcentaje expresado con decimales; z= nivel de confianza (95%); p = proporción esperada (5%).

El cálculo hecho por la anterior ecuación nos dio resultados obteniendo así 264 árboles de eucalipto y 239 árboles de pino; de estas se procedió a evaluar una planta de cada especie (unidad de análisis) para la adecuación de una ecuación alométrica, así mismo también a la medición de variables dasométricas de especies representativas mediante un muestreo aleatorio simple como especifica el manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal, así mismo para el desarrollo de los otros objetivos

planteados, fueron necesarias imágenes satelitales y el procesamiento en el software ArcMap 10.4.1.

2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para el desarrollo de esta investigación y el cumplimiento de los objetivos planteados se procedió a emplear las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para tener un punto de vista más enfocado a la investigación, se procedió a viajar al lugar de estudio, y hacer reconocimiento del proyecto de reforestación en Sihuas, mientras que para la metodología de medición de dimensiones dasométricas se utilizó el manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología ambiental, el cual detalla los pasos para hacer una investigación relacionada a inventarios forestales y muestreo de forestales en distintos tipos de zonas es decir distintos climas y diferente tipo de propiedades del suelo, así mismo también se desarrolló una ficha de registro que nos permitió registrar las medidas y datos de una forma más ordenada y clara. Finalmente, para la elaboración de mapas y determinar tanto la cobertura forestal en la microcuenca Sihuas del año 2014 y determinar cuál es la variación que ha surgido con el desarrollo del proyecto de reforestación en dicha zona fue necesario imágenes satelitales que se descargaran gratuitamente del Google Earth y procesadas en el software ArcMap 10.4.1 y posterior a ello la generación de un programa en el software Matlab para calcular la captura de carbono de las especies forestales pino y eucalipto.

2.5. Procedimiento

Fase trabajo en Campo

Densidad de árboles por ha: Para realizar estos cálculos se debió obtener información por parte de los propietarios de las parcelas, para saber cuál era la distancia en que se había sembrado las especies forestales según recomendación del especialista en el proyecto de forestación y a partir de ello se calculó con la siguiente formula.

$$Dh = \frac{10000}{(\bar{D})}$$

Dónde: Dh = Densidad de árboles por hectárea, \bar{D} = Distancia promedio

Diámetro altura de pecho: Esta variable fue medida directamente en el individuo (árbol), con la utilización de una cinta diamétrica a una altura de 1.3 m del suelo esto dependiendo el ángulo de inclinación del árbol o del estado del suelo, ya que si el ángulo

de inclinación es diferente de 180° se tiene que tomar la medida según la guía de muestreo especificada en nuestro marco teórico.

Altura total del árbol: Esta medida se llevó a cabo mediante la utilización de un clinómetro, el cual facilitará la medida de la altura total de los árboles tomados como muestra, el observador se ubicó a una distancia en la que pudo ver la altura deseada y la base del árbol y posterior a ello se tomó la distancia horizontal del árbol al observador, usando la escala izquierda del clinómetro se realizó una medición a la altura deseada y a la base del árbol.

Talado de especies seleccionadas: Se midió las variables dasométricas de los árboles, seleccionadas al azar bajo el método aleatorio simple, luego se procedió a cortar el árbol representativo de la muestra designada en la investigación, después se procedió a pesar en campo nuestra muestra (árbol), para luego cubirlo y sacar las submuestras correspondientes se cortó 3 discos de madera, estos del tallo principal del árbol de un espesor de 3 cm para llevar a laboratorio, estas sub-muestras elegidas fueron del inicio o base, de la parte central y final del tallo principal, posterior a esto se tomó el peso de los discos en campo y fueron empacados herméticamente así igualmente las hojas y ramas del árbol por separado homogéneamente con un peso promedio de 500g, y se registró el peso exacto en campo.

Fase trabajo en laboratorio

Se secaron las submuestras trasladadas desde campo, esto se llevó a cabo en una estufa donde se controló la temperatura a 70°C aproximadamente durante 72 horas hasta que las submuestras alcanzaron un peso constante para luego determinar porcentaje de materia seca de las submuestras tomadas utilizando la siguiente fórmula.

$$\%MS = 100 - (PF - PS / PF) * 100$$

Dónde: %MS= Porcentaje de materia seca de la sub muestra, PF= Peso fresco de la sub muestra, PS= Peso seco de la sub muestra. A partir de ellos se procedió a calcular la biomasa seca total de cada sub muestra utilizando las siguientes relaciones.

$$B.S = \text{Peso total del fuste (tomado en campo)} \times (\%MS \text{ fuste})$$

$$\%MS \text{ fuste} = [\%MS \text{ disco inferior} + \%MS \text{ disco medio} + \%MS \text{ disco superior}] / 3$$

B. seca de ramas

$$= \text{Peso total de ramas (tomado en campo)} \times (\%MS \text{ ramas})$$

$$**B. seca de hojas** = \text{Peso total de hojas (tomado en campo)} \times (\%MS \text{ hojas})$$

$$**B.S total(árbol)** = B. seca del fuste + B. seca de ramas + B. seca de hoja$$

Fase gabinete

Procesamiento de datos tomados en campo y laboratorio: Procedimiento en el cual se utilizó el programa MS- Excel 2016, se hizo de una manera manual y consistió en el traslado de datos obtenidos en la fase trabajo en campo y laboratorio.

Volumen Total: Se determinó a teniendo en cuenta el diámetro a la altura de pecho tomada en la especie forestal estudiada.

$$V = d^2/1000$$

Dónde: V= Volumen maderable en (m³), d = Diámetro a 1.3m en (cm)

Ajuste del modelo de ecuación alométrica: Procedimiento en el cual determinó sus parámetros teniendo en cuenta los datos obtenidos, esto quiere decir que, con el proceso anterior de estimar la biomasa aérea, se obtuvieron valores que serán ajustados a las ecuaciones alométricas para las especies forestales estudiadas, y esta permitirá de forma simple conocer la cantidad de biomasa que puede tener un árbol, esto a partir de solo medidas dasométricas, teniendo en cuenta que la ecuación alométrica por ecozona en este caso sierra será la siguiente.

$$C = 0.122 * (\rho * dap^2 * ht)^{0.916}$$

Dónde: C = Carbono en biomasa aérea almacenado por planta, ρ = densidad de madera. (0.64), Dap= Diámetro a la altura del pecho

Estimación de la densidad: La densidad del carbono se determinó con la siguiente fórmula en relación al resultado de biomasa obtenida por cálculos hechos previamente.

$$D. \text{carbono} (Tn/Ha) = \frac{\sum \text{Carbono en biomasa aérea en tn} * N^{\circ} \text{ de plantas /ha}}{N^{\circ} \text{ de plantas muestreadas}}$$

Determinación de cobertura arbórea (ArcMap 10.4.1): Para realizar el mapa de cobertura arbórea de las especies de Eucalipto y Pino de los años 2014 y 2019 en la

microcuenca Sihuas - Ancash se utilizó imágenes satelitales de ambos años, hay que recalcar que lo ideal debió ser la comparación del año base o año de inicio del proyecto de forestación desarrollado en la microcuenca Sihuas que fue en el año 2006, las cuales no se pudieron tomar por motivos de nubosidad al momento de tomar las fotografías satelitales, por tal motivo se tomó en cuenta el año más próximo para hacer la comparación, en este caso se tomó las imágenes satelitales tomadas del año 2014 que fueron por el satélite Landsat, estas fueron descargadas de forma gratuita gracias al Google Earth, teniendo esto en cuenta que las imágenes de ambos años no presentaron una nubosidad y fue posible su utilización en el software ArcMap 10.4.1, seguidamente de la descarga de estas imágenes, se procesó mediante el software ArcMap 10.4.1, aplicando la técnica de la teledetección supervisada, el cual asigna un valor a una celda o pixel para poder clasificar por colores y sustraer la información que se necesita.

2.6. Método de análisis de datos

Para la presente investigación se realizó un análisis de laboratorio, se utilizó estadística básica que permitirá mostrar datos adquiridos tanto en campo como laboratorio, usando programas como Microsoft Word, Excel, además de la utilización del programa ArcMap 10.4.1. y Matlab.

2.7. Aspectos éticos

Se tomó en cuenta la veracidad de los datos, ya que son datos reales tomados y/o medidos en campo, así mismo se cuenta también con datos obtenidos en laboratorio, tanto los datos como los resultados obtenidos en esta investigación poseen una connotación veraz y confiable y la cual estuvo supervisada y revisada por un especialista en el tema, así como contó con la ayuda de especialistas particulares con conocimiento en el tema de importancia. La presente investigación, no representa ningún riesgo a la flora o fauna del lugar en estudio ya que debido a que es una investigación que se desarrolló con un método semi destructivo, que quiere decir que solo se tomaran medidas como altura, diámetro altura de pecho y coordenadas, es de conocimiento, que los bosques en nuestro planeta contribuyen a la conservación del planeta es por eso que además se respetó en su totalidad las condiciones del ambiente.

III. RESULTADOS

Tabla 2: Estimación del potencial de la captura de carbono de las especies eucalipto y pino

Captura de carbono por eucalipto (tn)			
Rho de Spearman	Altura de biomasa de eucalipto	Coefficiente de correlación	,994**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	264
	Dap de eucalipto	Coefficiente de correlación	,997**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	264
	Volumen de eucalipto	Coefficiente de correlación	,997**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	264
Captura de carbono por pino (Tn)			
Rho de Spearman	Altura de biomasa de pino	Coefficiente de correlación	,988**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	239
	Dap de pino	Coefficiente de correlación	,997**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	239
	Volumen de pino	Coefficiente de correlación	,997**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	239

En la Tabla N°2, se puede apreciar una correlación significativa con un valor de ($P < 0,05$) entre las medidas dasométricas de la captura de carbono, altura ,Dap y volumen de ambas especies esto quiere decir que a medida que aumente cualquiera de las variables va a incrementar la captura de carbono por especie .Por otro lado la prueba de Rho de Sperman

da como resultado para la especie forestal de eucalipto “0.988; 0.997 y 0.997” mientras que para el pino es de “0.994; 0.997 y 0.997” esto indica que la especie forestal de eucalipto tiene mayor potencial de capturar carbono esto debido a que sus variables directamente proporcionales.

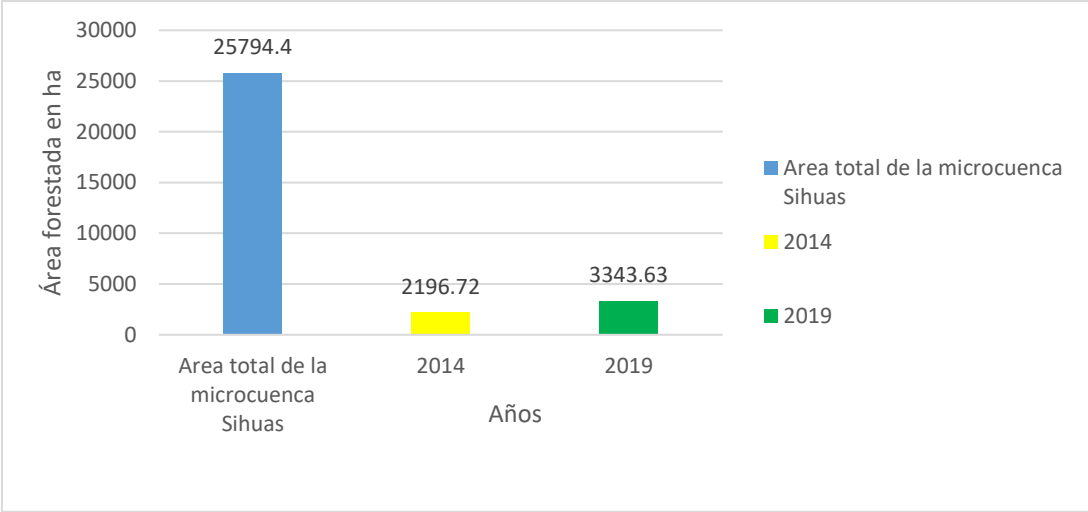


Figura 1: Área forestada con Eucalipto y Pino microcuenca Sihuas – Ancash

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Crecimiento de población arbórea dentro de la microcuenca Sihuas

Año	Área forestada	Técnica	Aumento de área forestada con Eucalipto y Pino
2014	2196.72 ha	Teledetección supervisada	1146.91 ha
2019	3343.63 ha		

Fuente: Elaboración propia

La figura N° 01 muestra el total de hectáreas de la microcuenca Sihuas (25794.40 ha) valor determinado usando el software ArcMap 10.4.1, muestra al mismo tiempo el número de ha forestadas en el año 2014 (2196.72 ha) y del año 2019 (3343.63 ha).

El área reforestada se encuentra representada mediante la pigmentación verde en las figuras N° 20 y 22; ambos resultados fueron determinados por la misma técnica (Teledetección supervisada); dados los resultados se obtiene también la diferencia de cobertura arbórea de los años 2014 y 2019 (1146.91 ha) como lo muestra la tabla N°2.

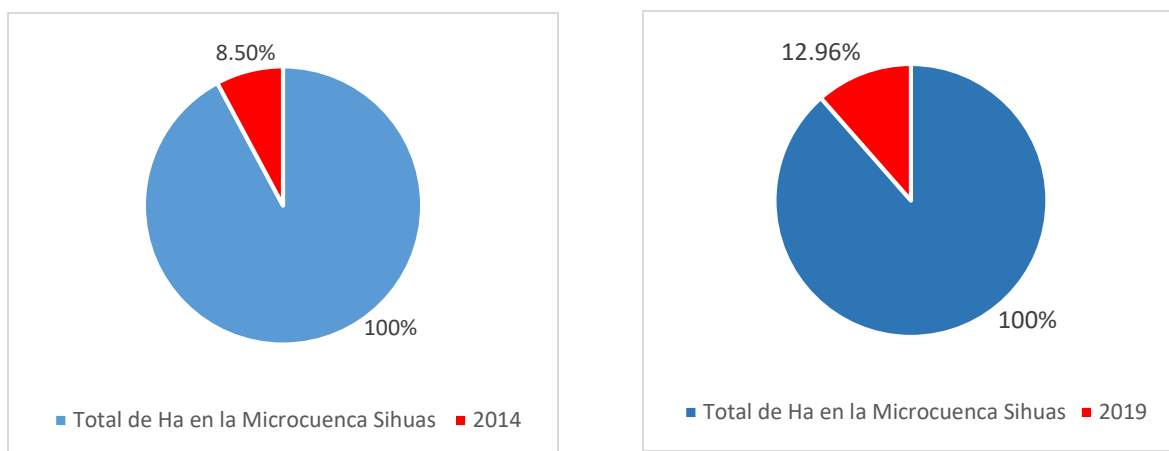


Figura 2: Área forestadas con eucalipto y pino durante los años 2014 y 2019.

Fuente: Propia

En la figura N° 02 muestra el porcentaje de área reforestada en referencia al área total de la microcuenca Sihuas, teniendo como resultado un 8.5% en el año 2014 y un 12.96 % en el año 2019 de área cubierta por la reforestación con Eucalipto y Pino, así mismo tenemos un aumento de 4.46 % en área reforestada.

Tabla 4: Tabla de promedios de carbono en biomasa y densidad de carbono en las especies forestales de eucalipto y pino.

Tabla de promedios				
Especies forestales	Carbono en biomasa	Unidad de medida	Densidad de Carbono	Unidad de medida
Eucalipto	431.70	Kg	359.75	Tn/ha
Pino	249.20	Kg	155.75	Tn/ha

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: *Análisis de correlación rho de Spearman entre (altura, Dap, volumen, densidad de carbono en eucalipto y pino)*

Densidad carbono en eucalipto			
Rho de spearman	Altura de biomasa de eucalipto	Coefficiente de correlación	,995**
		sig. (bilateral)	,000
		N	264
	Dap de e	Coefficiente de correlación	,997**
		sig. (bilateral)	,000
		N	264
	Volumen de eucalipto	Coefficiente de correlación	,997**
		sig. (bilateral)	,000
		N	264
Densidad de carbono en pino			
Rho de spearman	Altura de biomasa de pino	Coefficiente de correlación	,988**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	239
	Dap de pino	Coefficiente de correlación	,997**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	239
	Volumen de pino	Coefficiente de correlación	,997**
		Sig. (bilateral)	,000
		N	239

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla N° 04 se pueden observar los promedios adquiridos para carbono en biomasa de eucalipto siendo 431.70 kg mientras que para el pino da un resultado 249.20 kg esto debido a que las medidas dasométricas del eucalipto tiene mayor captación de la captura de carbono, no obstante mediante la prueba de correlación de Spearman visualizada en la tabla N° 15 se

puede apreciar una correlación significativa entre la densidad de carbono y la altura forestal dando como resultado para el eucalipto de “0.998; 0.997 y 0.997” mientras que para el pino es “0.995; 0.997 y 0.997” esto nos indica que a mayor sea altura de la especie forestal mayor de densidad de carbono . Así como también se desarrolló un programa en Matlab para determinar el carbono capturado en la biomasa de estas especies forestales

La elaboración de este programa consto de la utilización de datos tomados en la fase campo, tales como la altura y el Dap, así como también los resultados de carbono capturado, esto a partir del cálculo hecho con la utilización de la ecuación alométrica, además se tomaron datos que resultaron en nuestra fase gabinete con el llenado de nuestra base de datos, dentro de estos tenemos el promedio de cantidad de carbono capturado en biomasa por hectárea, el número de plantaciones por hectárea y el número de plantaciones muestreadas, consideramos que este programa será de mucha utilidad en investigaciones futuras de este tipo, relacionados al estudio de captura de carbono de dichas especies ya que si se quiere contar con resultados más próximos podemos variar la base de datos, obteniendo resultados cercanos a los reales si se hace con una metodología distinta, se adjunta en el anexo N°7 la formulación de nuestras ecuaciones elaboradas en el software Matlab para las especies forestales estudiadas.

IV. DISCUSIÓN

Captura de carbono en la biomasa de Eucalipto y Pino

Teniendo en cuenta nuestros resultados obtenidos a partir de cálculos matemáticos, formulas estadísticas y una ecuación alométrica para ambas especies, esto por estar sembradas en la misma zona pudimos obtener a partir de las variables dasométricas estudiadas que las capturas de carbono por estas especies forestales son: Para *Eucaliptus glóbulo* 359.75 Tn /ha y para *Pinus radita* 155.75 Tn/ha, estos resultados concuerdan en cuanto a la investigación de MAQUERA, Delia (2017) que adjunta que en una comparación para determinar el carbono capturado en la biomasa de las especies de Eucalipto y pino hubo una diferencia potencial en lo referido a cuanto es que podían capturar carbono estas especies es como así validamos que existe un mejor potencial del Eucalipto frente al Pino esto a partir de los resultados expuestos y que a su vez se acogió a la investigación de ARANDA, Rutver, et al.(2018) donde explica el método de obtención de biomasa, método por el cual nuestra presente investigación puedo dar con los resultados pertinentes a través de una ecuación alométrica.

Variación en la captura de CO₂ por especie de acuerdo al Dap y altura

El potencial de la captura de CO₂ de las dos especies estudiadas varía de acuerdo a la cantidad de biomasa presente y así como también influye las variables dasométricas como el Dap ya que son directamente proporcionales es decir a medida que aumente el tamaño de la especie mayor será la cantidad de CO₂ capturado . Por otro lado, al realizar los cálculos para la determinación del carbono en biomasa de ambas especies nos dio como resultado para el eucalipto 431.70 kg mientras para el pino 249.20 kg . Este punto es comprobado por MAQUERA, Delia (2017) que describe que la especie de Eucalipto tiene mayor absorción de cantidad de carbono con 2 411.82 Tn seguido del Pino con 869.90 Tn.

Variación de cobertura forestal

La variación forestal se puede dar con el transcurrir de los años como fue el caso del proyecto de forestación de la microcuenca Sihuas, que en la actualidad cuenta con 3343.63 ha de áreas forestadas por las plantaciones de Eucalipto y pino, hay que hacer hincapié que este proyecto de reforestación tubo como meta en su primera etapa reforestar 2000 ha de

área en toda la microcuenca, debido a que en algunas partes de esta zona se ha visto un incremento mucho más considerable que en otros, esto ha surgido por el interés que tienen los pobladores aledaños ya que han visto en esta actividad (maderera) una forma de generar trabajo y economía, si bien el proyecto cuenta con una segunda etapa que se estará impulsando a partir del año 2020 ya se está viendo el interés por parte de la población en esta zona, por lo cual el estado debería impulsar proyectos de este tipo, así como también su financiamiento pero con el respectivo seguimiento administrativo para que se puedan desarrollar de una manera sostenible, hay que tener en cuenta que según datos adquiridos el río Santa aumentó 2 °C en temperatura esto debido al cambio climático, es por eso que se ha impulsado este proyecto de reforestación en la región Ancash, algo que se debería replicar en las demás regiones como medida de preservar el medio ambiente, lo cual va de acuerdo con la investigación de (SOTIROV, M, 2017) que dice que la forestación trae consigo beneficios importantes para los involucrados de distintas maneras.

Densidad de masa y captura de carbono de las especies forestales de Eucalipto y Pino en la microcuenca de Sihuas (densidad poblacional de especies)

De las dos hectáreas tomadas en la zona de estudio se identificó que en la hectárea donde más alta densidad comúnmente existe es en la hectárea de la especie forestal de eucalipto en la cual se le hizo un estudio a un total de 264 arb/ha así como también se puede observar que las medidas dasométricas como la altura, Dap y volumen influye para que dicha especie tenga una diferencia significativa en la captación de la densidad y captura de carbono que se puede observar en la (tabla N°05), en la cual se demuestra que a mayor sea la altura de la especie aumentará la densidad; por otro lado la especie forestal del pino en la cual se hizo un estudio a 239 arb/ha si bien también es dependiente de las medidas dasométricas se nota una diferencia representativa en cuanto a la densidad y captura de carbono frente al eucalipto. La razón de estos resultados se debe a que la especie de eucalipto tiene mayor captación de captura de carbono debido a sus diferentes características representativas de dicha especie siendo una de ellas su altura la cual se encuentra entre 44 -55 metros, mientras que la especie del pino posee una altura de 40 m dentro de lo estipulado.

Sin embargo, dichas especies están expuestas a ser invadidas por pobladores aledaños, que realizan sus actividades de agricultura, provocando una disminución de la biomasa

vegetativa así como también su desarrollo puede verse afectado por los diferentes cambios climáticos presentados en dicha zona. Cabe mencionar que las plantas de eucalipto pueden significar un cambio significativo como servicio ecosistémico de secuestro de carbono dentro de la microcuenca de Sihuas y ser una alternativa frente al cambio climático que se ha ido desarrollando conforme lo descrito por Sarcca (2016), el cual afirma que los bosques tienen un gran potencial para hacer frente al cambio climático; para la determinación del stock de carbono y obtener un valor económico de dicho servicio ecosistémico.

V. CONCLUSIONES

1. La especie forestal con mayor potencial de captura de carbono es la de *Eucaliptus globulos* debido a las características de dicha especie, esta brinda un servicio eco sistemático de secuestro de carbono dentro de la microcuenca de Sihuas es de 431.70 kg de carbono en biomasa por planta en promedio y es una de las mejores opciones para proyecto de forestación en esta zona ya que frente a la especie forestal *Pinus radiata* solo presento de 249.20 kg de carbono en biomasa por planta en promedio.
2. La cobertura forestal del año 2014, el cual fue tomado como año base para nuestra investigación en lo referido a plantaciones forestales de *Eucaliptus globulos* y *Pinus radiata* es de 2176.72 ha forestadas con ambas especies, en un área total de 25794.40 ha que es lo que abarca toda la microcuenca Sihuas.
3. La variación referida a cobertura forestal en cuanto a las especies forestales *Eucaliptus globulos* y *Pinus radiata* es de 1146.91 ha, las cuales han aumentado, esto se contrasta con nuestro cálculo hecho en el presente año (2019) en el software ArcMap que muestra que son 3343.63 ha las que existen hoy en día, esto a comparación que en el año 2014 solo existían 2176.72 ha.
4. El carbono capturado en la biomasa encontrado mediante una ecuación alométrica y otros cálculos detallados en la parte de nuestros procedimientos arrojan que para la especie forestal *Eucaliptus globulos* es de 359.75 Tn C/ha, mientras que para el Pino es de 155.75 Tn C/ ha .

VI. RECOMENDACIONES

- Seguir con una constante investigación del flujo anual de la captura de carbono de la microcuenca de Sihuas, para poder establecer estudios de huella de carbono y el nivel de alteración que pueden sufrir estos bosques producto de la tala indiscriminada y deforestación de los pobladores que realizan en dicha zona conforme pasen los años.
- Realizar la valoración actual de los bonos de carbono generados en la Microcuenca de Sihuas, del mismo modo, así mismo valorar los bosques existentes con las especies de eucalipto (*Eucalyptus globulos*) y pino (*Pinus radiata*) al interior de nuestro país para determinar el potencial a futuro de captura de carbono en relación al incremento medio anual de la especie.
- Realizar estudios semejantes a este, pero con otras especies forestales o plantas para así determinar cuáles son las mejores opciones en cuanto a potenciales para ser usadas en proyectos de forestación o reforestación.
- Ingresar al mercado de carbono internacional con los bonos generados por las especies forestales dentro de la Microcuenca de Sihuas -Ancash.
- El estado debería impulsar más proyectos de forestación o reforestación en las zonas andinas de nuestro país con el fin de promover la mitigación del cambio climático y a la vez generar trabajo y economía para las comunidades involucradas a través del manejo forestal sostenible.

REFERENCIAS

- ALFARO, Rafael. Captura de carbono en rebrotes de eucalyptus globulus labill “eucaliptus” en motil, provincia de Otuzco del departamento de La Libertad-Perú, Tesis Posgrado), Trujillo, Universidad Nacional de Trujillo, 2017, p.118. Disponible en:<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7969/Tesis%20Maestr%C3%ADaX%20-%20Rafael%20O.%20Alfaro%20Nure%C3%B1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ARANDA-ARGUELLO, Rutver et al. Captura de carbono en la biomasa aérea de la palma de aceite en Chiapas, México. *Agron. Mesoam* [online]. 2018, vol.29, n.3 [citado 2019-05-16], pp. 629-637 . Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212018000300629&lng=pt&nrm=iso>. ISSN 2215
- ARAUJO, Ingrid y DIAZ, José. Evaluación del almacenamiento de carbono de la especie forestal “Eucalyptus Globulus Lamill” y su relación con los índices de vegetación en el bosque de Pallasca - Ancash, 2018. Tesis (pregrado), Lima: Universidad Cesar vallejo, 2018.p. 186. Disponible en http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/27973/ARAUJA_EL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Atmósfera.Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México [en línea].Marzo-Agosto 2015, n°27. [Fecha de consulta: 08 de mayo de 2019].Disponible en ; <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0187623614711075?token=4F91B4E79F7700D83932C9D9DE6EF1FCB7C85698D09E3B1722A11ACB2E514A694A32014EA032A95DC527B7DB5710F689>
- BANI, Alessia, [et al]. The role of microbial community in the decomposition of leaf litter and Deadwood, *Applied Soil Ecology*, 2018, v. 126, pp.75-84. [Fecha de consulta: 12-05-2019]. Disponible en (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139317311204>) ISSN: 0929-1393
- BROWN, S. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer.1997.
- CASTRO, Améle, *et al.(s.f)* Manual de selvicultura del pino radiata en Galicia. La

sanidad del pino insigne. [Fecha de consulta: 2019-05-10]. Disponible en: <http://www.agrobyte.com/publicaciones/pinoradiata/cap1.html>

- CHAO, Qingchen y FENG Aiqing, Scientific basis of climate change and its response. *Global Energy Interconnection* [en línea]. 2018, v. 1, n.º 4, pp. 420-427. [Fecha de consulta: 11-05-2019]. Disponible en (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2096511718300628>) ISSN: 2096-5117
- CHIMBO, Inés. Evaluación del carbono en la biomasa de dos especies forestales introducidas (Eucalyptus y Pinus) y una especie nativa (Hesperomeles Ferruginea) en el bosque Aguarongo.Tesis (Pregrado), Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2016, p.74. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11782/1/UPS-CT005578.pdf>
- ELOKA-EBOKA, Andrew, BWAPWA, Joseph, MOROA, Semakula. Biomasa para CO2 Secuestro, *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering* [en línea]. 2019. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012803581811029X> ISSN: 9780128035818
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). Inventario forestal nacional: Manual de campo modelo (en línea). Guatemala.2004. [Fecha de consulta: 2019-05-10]. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/008/ae578s/AE578S00.htm#TopOfPage>.
- FAO. El estado mundial de la agricultura y la alimentación . Roma. 2016, p.32 . [Fecha de consulta: 2019-02-10]. Disponible en; <http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf>.
- FAO. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma. 2016, p.42 . [Fecha de consulta: 2019-02-10]. Disponible en; <http://www.fao.org/3/a-i6030s.pdf>.
- FAO. El eucalipto en la repoblación forestal. Roma. 1981, p.723 . [Fecha de consulta: 2019-05-10]. Disponible en; <http://www.fao.org/3/a-ac459s.pdf>
- FRAUME, Nestor, Diccionario ambiental, 2da edición, Bogotá, Ecoe ediciones. 2013, p.132
- GALVAN, Javier, Diccionario ambiental, 2da edición, Mexico, Mundi – Prensa, 2007,

p.51. ISBN: 978-358-650-429-7

- GARCIA, LUIS. Participatory ecological research supporting forest, agroforest and silvopastoral restoration in peasant territories. Recent experiences and challenges in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* [en línea]. Octubre-Noviembre 2017, n°6. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2019]. Disponible en <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1870345317301756?token=01ECB7B7D954D3DFE6E66FCF48FB66FA21F86B3C446789DC9CB59B5AF3E6DD026EA0F1923FC397AFEB401B9728090DAE> ISSN:1870-3453
- GUITIERREZ, ERICK. Effect of climatic change on the potential distribution of five species of temperate forest trees in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* [en línea]. Julio-Noviembre 2015, n°85. [Fecha de consulta: 07 de mayo de 2019]. Disponible en <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1870345314707432?token=D8FFE8D78BEBBE464C0387CE36E1A9351EF73EBE4BEEBC90238564103547EBC195F9CBBC1CDA4C34EA5BE2F70ED08ADA> ISSN:1870-3453
- JO, Hyun-Kil, KIM, Jin-Young y PARK, Hye-Mi. Carbon reduction and planning strategies for urban parks in Seoul, *Urban Forestry & Urban Greening* [en línea]. 2019, v. 41, pp. 48-54. [Fecha de consulta: 11-05-2019]. Disponible en (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866718303339>)
- LETCHER, Trevor, Why do we have global warming?. *Managing Global Warming* [en línea]. 2019, pp. 3-15, [Fecha de consulta: 11-05-2019]. Disponible en (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128141045000016>)
- LIMACHE, A. Ensayo de micorrización de *Pinus radiata* D. Don en los viveros forestales del Dpto. de Cuzco. (Tesis Pregrado). Huancayo, Universidad Nacional del Centro de Perú. 1985
- LINO, K. Determinación del stock de biomasa y carbón en las sucesiones secundarias de bolina en la cuenca media del río Aguaytia. Ucayali, Perú. Tesis (Ingeniería Forestal). Universidad Nacional de Ucayali. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Pucallpa. Perú. 2009. p.70

- LOPEZ, Liliana Y. et al. (2016), Carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) de diferentes edades. *Madera bosques*, vol.22, n.3, pp.49-60. [Fecha de consulta 2019-05-09]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712016000300049&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2448-7597.
- MAQUERA, Delia. Determinación del contenido de carbono por especie forestal en el bosque del CIP Camani-Una-Puno por titulación. Tesis (Pregrado), Puno: Universidad Nacional del Antiplano, 2017. pp.92. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6183/Maquera_Maquera_Delia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- MEDINA, C. “Indicadores de impactos de los sistemas forestales y Agroforestales”, 2006. POSAF, p.28 .
- MINAM. Contribuciones Nacionalmente Relacionadas. Lima. 2015, p.10 . [Fecha de consulta: 2019-02-10]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/127/2018/06/Dossier-NDC.pdf>
- MINAM. Ley de Retribución por Mecanismos Ecosistémicos Ley N°30215. [en línea] Perú. 2014. [Fecha de consulta: 18 de setiembre de 2018]. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley_302105_MRSE.pdf
- MINAM. El Perú y el cambio climático. Lima. 2016, p.154. [Fecha de consulta: 2019-02-10]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf>
- MONTES, CARMEN. Plant functional types as estimator of carbón in dry forest of the Colombian Caribbean. *Revista Mexicana de Biodiversidad* [en línea]. Septiembre-Febrero 2017, n°1. [Fecha de consulta: 08 de mayo de 2019]. Disponible en : <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1870345317300064?token=AE9787BA019BDD502B9E9F3D31EB025C05889C27A835CAB5B074A7924638094E2B5E7F3324FB491CB020DF1A62BE2020> ISSN 1870-3453
- MOSTACEDO, BONIFACIO. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal, 2000, Santa Cruz- Bolivia. [Fecha de consulta: 2019-06-10]. Disponible en: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>

- ORDOÑEZ, J.A y MACERA, O. Captura de carbono ante el cambio climático. En I. d. A.C., Madera y Borques. Xalapa, 2001. 3-12 p. ISSN.2001
- ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL. Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial.2017 ,p.7,8. [Fecha de consulta: 2019-05-10]. Disponible en: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4454.
- PICARD N., SAINT L. y HENRY M. (2012). “Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles”. FAO y Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement – CIRAD. Roma – Italia.
- PRONAMACHCS. Manual de plantaciones forestales para la sierra peruana. Lima. 1988, p.116.
- RODRIGUEZ, Luis,et al. (2016) Estimación de biomasa y carbono almacenado en bosques comunitarios de la región Frailesca de Chiapas, México. *Rev. mex. de cienc. forestales*, vol.7, n.37, pp.77-94. [Fecha de consulta: 2019-05-10]. Disponible en:<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322016000500077&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2007-1132.
- SAENZ , ROMERO. Bark-beetles (Coleoptera: Curculionidae) and climate change: current situation and perspectives for temperate forests.Revista Especializada en Química y Biología.[en línea].Julio -Noviembre 2017, n°20. [Fecha de consulta: 08 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1405888X17300062?token=D92C9F6CA896232F9AB2DCA1DB856B820CE3FA3B82045C8200A8D2626FBDCF4935E9F3FC264E39351B43C6F3158910D6> ISSN 1405-888X
- SARCCA, Yasmeli. En su investigación titulada: Valoración económica del servicio ecosistémico de secuestro y almacenamiento de carbono en el bosque de polylepis del pichu pichu, Arequipa-2016.Tesis (Pregrado), Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016. 92pp. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2787/AMsahuyr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SEGURA, M. Almacenamiento y fijación de carbón en *Quercus costarricensis* en un

bosque de altura de la cordillera de Salamanca, Costa Rica, 1997, p.147.

- SIMBAÑA R, M. Estimación de la captura de carbono en plantaciones de Eucalyptus globulus Labill. Tesis(Posgrado) Lima, UNALM ,2011, p.99.
- SOTORIV, Metodi, ERIKSSON y Ljusk, SALLNAS, Ola, Forest owner behavioral models, policy changes, and forest management. An agent-based framework for studying the provision of forest ecosystem goods and services at the landscape level. *Forest Policy and Economics* [en línea]. Octubre 2017, V.103, pp.79-89, [Fecha de consulta: 11-05-2019]. Disponible en: (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934116304014>)
- STOCKDALE, M; CORBETT, J. . Inventario forestal participativo: Manual de campo. Lima, 2008, s.e., p.360
- VELASQUE,MARTI. Dendrometric analysis of Tamarix africana L., species of river and wetlands of the Mediterranean area. Characterisation of biomass..Biomass and Bioenergy [en línea].Agosto -Noviembre 2018, n°120. [Fecha de consulta: 07 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0961953418303374?token=FA9F4BD6E27D21DE81DE13EF579A42AE8C2D9949EF10DFDF3552C36E23BEBD5C9C3802A6C8C50375FFDF964A2202A925> ISSN 0961-9534
- WORLD WILDLIFE FUND. Estimado los stocks de carbono forestal tropical a partir de información del inventario existente. Madre de Dios, Perú. 2014. 10 p.
- XU, Bin, LIN, Boquiang. Reducing carbon dioxide emissions in China's manufacturing industry: a dynamic vector autoregression approach, *Journal of Cleaner Production* [en línea]. Septiembre, 2016, v. 131, pp. 594-606, [Fecha de consulta: 12-05/2019]. Disponible en: (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616304176>) ISSN: 0959-6526.
- ZAMORA.(2003).Estimación de la captura de carbono de biomasa aérea en el bosque de pino del Ejido .México .pp.74 Disponible en: http://www.inia.es/gcontrec/pub/067-078-Acumulacion_1208252685250.pdf.

ANEXOS

ANEXOS 01: Panel fotográfico



Figura 3: Determinación del área para eucalipto
Fuente: Propia



Figura 4: Medición de la hectárea
Fuente: Propia



Figura 5: Medición de distancia entre especies
Fuente: Propia



Figura 6: Medición de diámetro a la altura del pecho
Fuente: Propia



Figura 7: Talado de la especie forestal
Fuente: Propia



Figura 8: Medición de la altura total del árbol
Fuente: Propia



Figura 9: Corte de las partes del árbol
Fuente: Propia



Figura 10: Medición del árbol talado
Fuente Propia



Figura 11: Muestras del tronco del árbol talado
Fuente: Propia



Figura 12: Pesaje de rodaja del árbol talado
Fuente: Propia



Figura 13: Pesaje de rodaja media del árbol talado
Fuente: Propia



Figura 14: Pesaje de rodaja media del árbol talado
Fuente: Propia



Figura 15: Pesaje de ramas
Fuente: Propia



Figura 16: Pesaje de hojas
Fuente propia



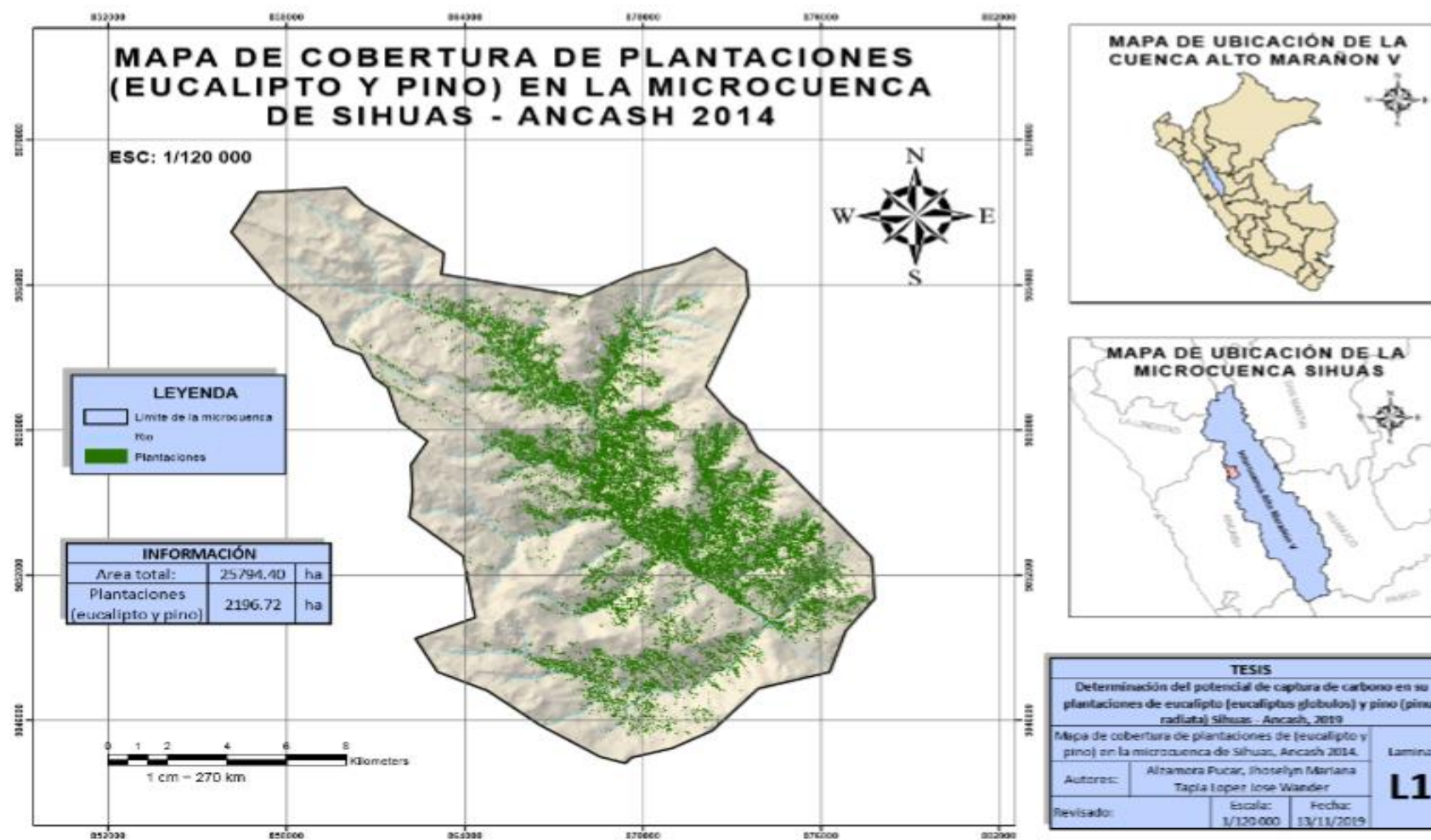
Figura 17: Muestras en estufa a 70 °C
Fuente: Propia



Figura 18: Pesaje final de muestras
Fuente: Propia

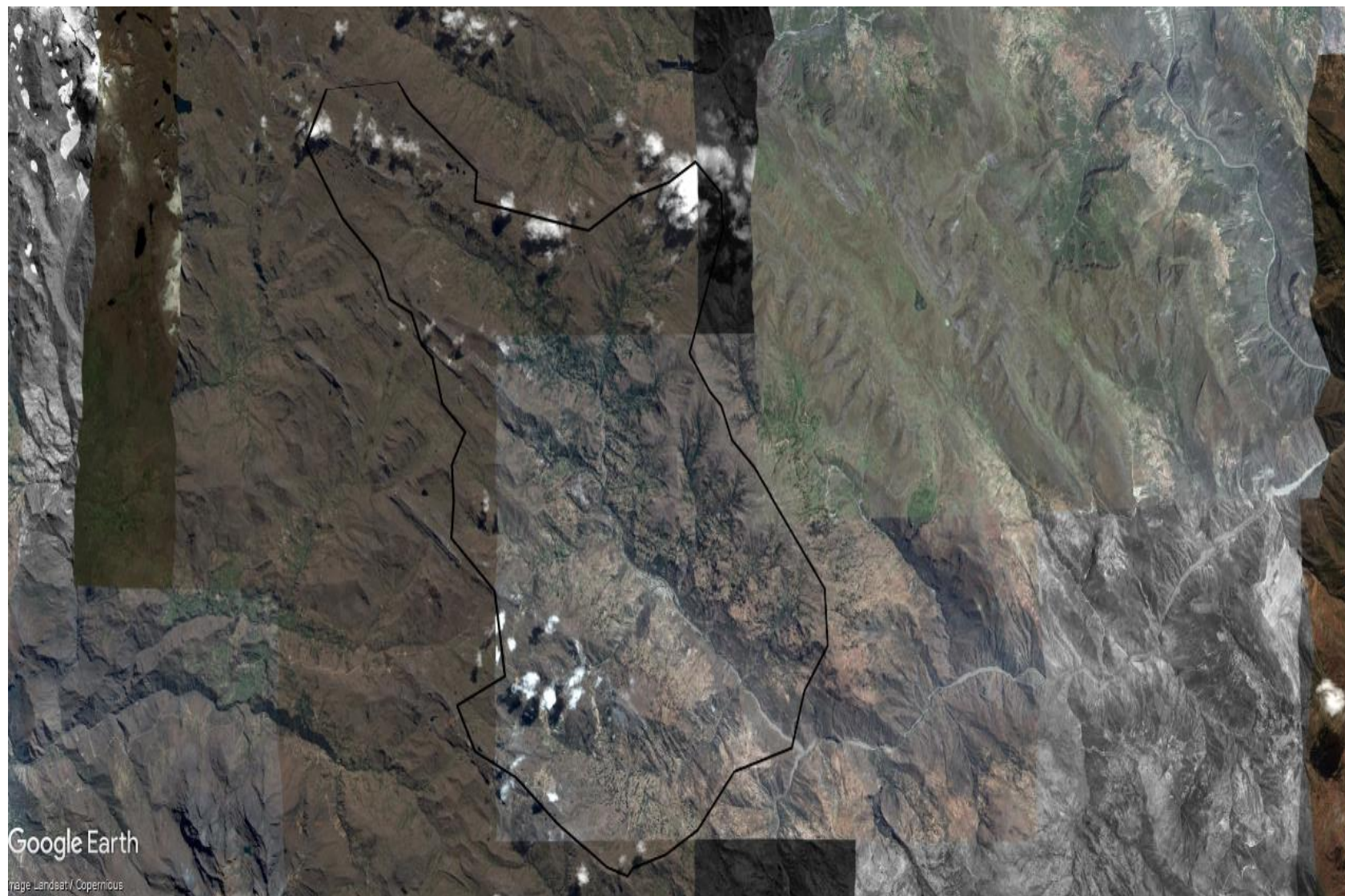
ANEXO 02: Mapas e imágenes Matlab.

Figura 19: Mapa de cobertura arbórea de eucalipto y pino en la microcuenca Sihuas, Ancash 2014



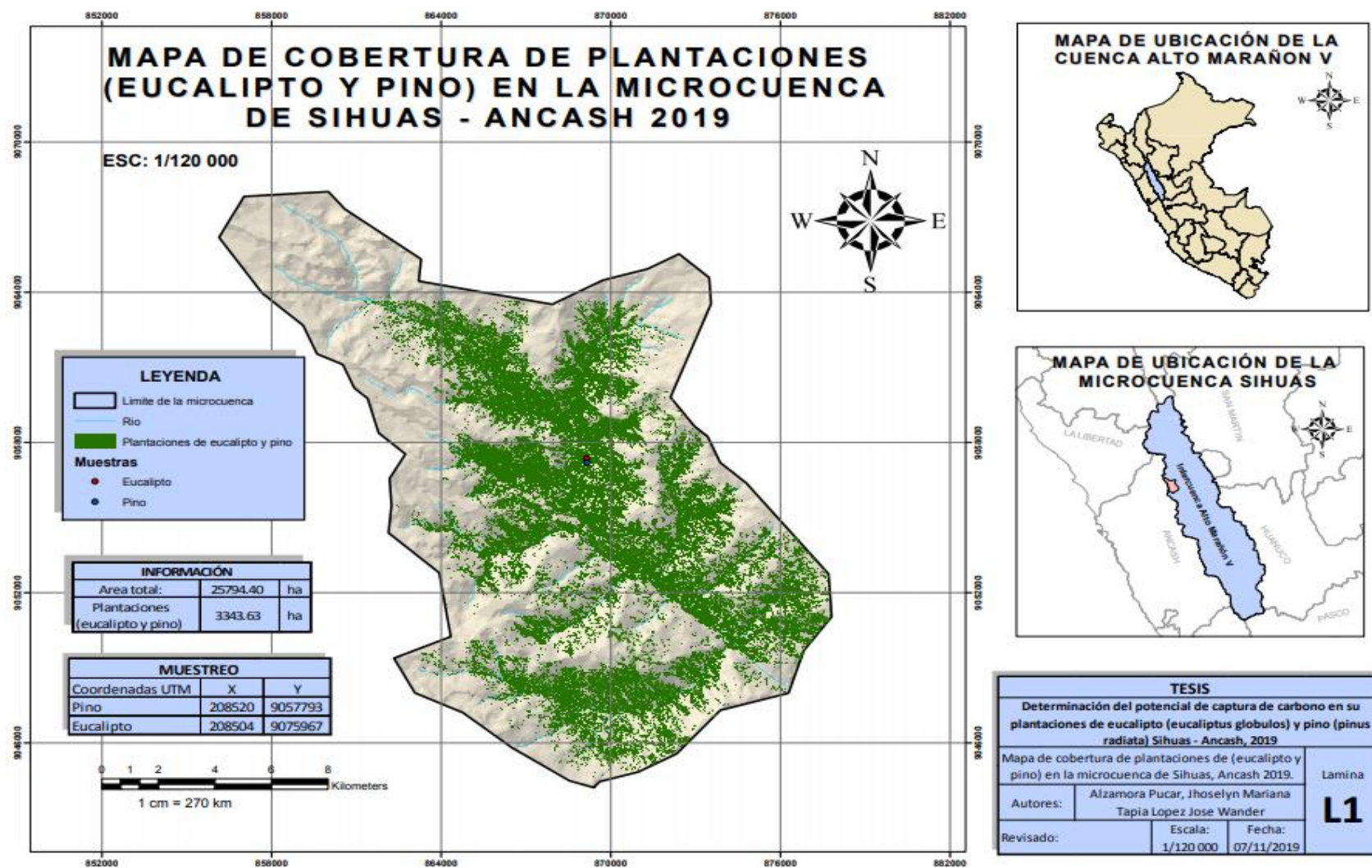
Fuente: Elaboración propia

Figura 20: *Imagen satelital 2014*



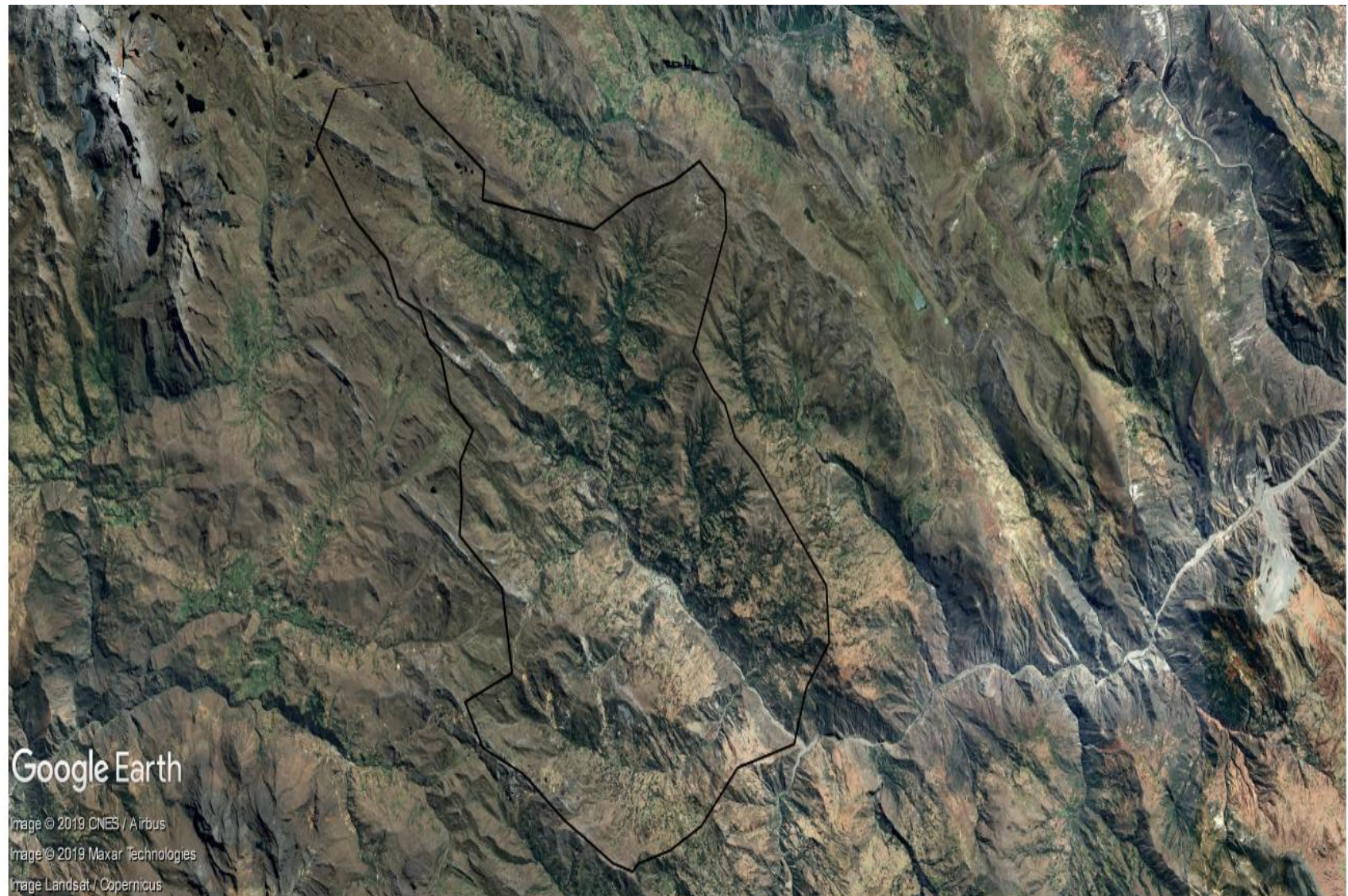
Fuente: Google Earth

Figura 21: Mapa de cobertura arbórea de eucalipto y pino en la microcuenca Sihuas, Ancash 2019



Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Imagen satelital 2019



Fuente: Google Earth

ANEXO 03: Tablas

Tabla 6: Tabla de información forestal en la zona de estudio-2019

<i>Eucaliptus globulus</i>		
Plantación en el presente 4 x 3	12	m2/planta
Plantas en el presente	833	Plantas /ha
Nº de plantas para muestra	264	plantas/ha

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Tabla de información forestal en la zona de estudio-2019

<i>Pinus radiata</i>		
Plantación en el presente 4 x 4	16	m2/planta
Plantas en el presente	625	plantas/ha
Nº de plantas para muestra	239	plantas/ha

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Tabla de promedios de medidas dasométricas del eucalipto-2019

Tabla de promedios del eucalipto -2019		
Altura	Dap	Volumen
15.45	24.23	0.66

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Tabla de promedios de medidas dasométricas del pino-2019

Tabla de promedios del pino-2019		
Altura	Dap	Volumen
10.16	21.82	0.52

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: *Tabla de determinación de área basal por especie en m²-2019*

Tabla de área basal por especie en m ²	
Área basal por hectárea m ² eucalipto	Área basal por hectárea m ² pino
384252.30	1495.75

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: *Tabla de pesos de sub muestras de Eucalipto tomadas en campo-2019*

Pesos de sub muestras de eucalipto (g)					
	Raíz	Medio	Final	Ramas	Hojas
Fresco	1972	819.4	500.3	502.4	506.4
Seco	1043.6	316.6	124.08	276.9	248.03

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: *Tabla de pesos de sub muestras de Pino tomadas en campo-2019*

Pesos de sub muestras de pino (g)					
	Raíz	Medio	Final	Ramas	Hojas
Fresco	1512.8	748.8	186.5	507.2	524
Seco	695.7	378.1	124.8	341.19	242.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: *Tabla de porcentaje de materia seca de las especies forestales de Eucalipto y Pino-2019*

MS%= Porcentaje de materia seca de la sub muestra					
	Raíz	Medio	Final	Ramas	Hojas
Eucalipto	52.92	38.64	24.80	55.12	48.98
Pino	45.99	50.49	66.51	67.27	46.28

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: *Medidas dasométricas Eucalipto-2019*

Tabla de árboles tomados como muestra eucalipto			
Nº de árbol	Altura(H) (m)	DAP (cm)	Volumen total m3
1	25.50	40.00	1.60
2	24.20	39.20	1.54
3	18.68	29.50	0.87
4	32.50	50.00	2.50
5	20.64	33.50	1.12
6	22.00	41.50	1.72
7	14.45	21.20	0.45
8	12.00	17.30	0.30
9	24.32	40.00	1.60
10	14.70	19.50	0.38
11	33.25	56.00	3.14
12	20.15	32.00	1.02
13	9.70	12.00	0.14
14	19.77	32.80	1.08
15	13.70	18.65	0.35
16	15.80	22.60	0.51
17	16.20	25.00	0.63
18	12.60	17.60	0.31
19	15.50	23.00	0.53
20	14.30	19.20	0.37
21	17.00	25.80	0.67
22	16.00	24.90	0.62
23	11.00	16.00	0.26
24	13.50	18.60	0.35
25	10.20	13.00	0.17
26	10.90	15.60	0.24
27	13.00	18.00	0.32
28	20.00	35.00	1.23
29	21.20	41.00	1.68
30	29.50	52.00	2.70
31	15.10	23.50	0.55
32	16.00	24.00	0.58
33	14.50	19.60	0.38
34	13.00	18.40	0.34
35	11.20	16.00	0.26

36	15.00	21.00	0.44
37	11.00	16.00	0.26
38	13.40	18.00	0.32
39	9.80	12.00	0.14
40	15.00	22.00	0.48
41	19.00	29.50	0.87
42	16.20	24.10	0.58
43	14.30	19.20	0.37
44	10.10	15.00	0.23
45	14.50	19.20	0.37
46	13.60	18.50	0.34
47	21.80	42.00	1.76
48	16.20	22.60	0.51
49	17.00	23.30	0.54
50	18.40	28.40	0.81
51	9.80	12.90	0.17
52	10.00	14.10	0.20
53	18.00	32.00	1.02
54	10.50	15.90	0.25
55	16.30	24.20	0.59
56	17.10	28.70	0.82
57	13.50	18.60	0.35
58	10.00	14.50	0.21
59	9.50	12.70	0.16
60	16.00	22.00	0.48
61	21.00	41.00	1.68
62	18.20	32.00	1.02
63	19.00	29.50	0.87
64	15.50	21.00	0.44
65	10.00	14.00	0.20
66	10.50	15.60	0.24
67	14.00	19.00	0.36
68	14.00	18.50	0.34
69	14.00	18.70	0.35
70	9.50	12.40	0.15
71	17.00	25.00	0.63
72	10.20	14.80	0.22
73	14.30	19.00	0.36
74	16.20	22.00	0.48
75	10.50	16.70	0.28
76	17.60	26.00	0.68

77	10.00	15.00	0.23
78	11.00	17.00	0.29
79	10.50	12.40	0.15
80	14.10	19.60	0.38
81	16.00	22.40	0.50
82	18.30	28.40	0.81
83	10.00	14.50	0.21
84	10.90	16.70	0.28
85	17.30	26.00	0.68
86	14.50	18.60	0.35
87	19.00	34.00	1.16
88	22.40	43.00	1.85
89	18.00	31.00	0.96
90	16.20	25.90	0.67
91	10.00	12.50	0.16
92	12.60	18.60	0.35
93	12.00	17.80	0.32
94	15.00	23.00	0.53
95	11.00	15.40	0.24
96	18.30	29.30	0.86
97	18.80	30.00	0.90
98	11.20	15.80	0.25
99	15.00	19.00	0.36
100	19.80	35.00	1.23
101	11.00	14.70	0.22
102	13.00	17.50	0.31
103	14.50	22.00	0.48
104	18.00	28.00	0.78
105	13.40	19.40	0.38
106	18.80	32.10	1.03
107	13.50	18.00	0.32
108	11.00	15.00	0.23
109	13.00	19.00	0.36
110	11.10	15.40	0.24
111	16.00	25.00	0.63
112	17.00	26.40	0.70
113	18.00	29.00	0.84
114	12.00	16.00	0.26
115	10.50	14.20	0.20
116	13.40	18.50	0.34
117	13.00	18.10	0.33

118	12.50	17.60	0.31
119	14.00	18.00	0.32
120	16.00	19.00	0.36
121	14.50	20.50	0.42
122	11.00	15.90	0.25
123	12.00	16.40	0.27
124	11.30	15.00	0.23
125	15.00	24.00	0.58
126	20.00	39.50	1.56
127	9.50	12.90	0.17
128	23.00	40.00	1.60
129	19.00	32.00	1.02
130	23.00	45.00	2.03
131	25.00	49.00	2.40
132	18.30	30.50	0.93
133	15.00	20.80	0.43
134	17.40	26.40	0.70
135	19.00	38.40	1.47
136	11.50	16.90	0.29
137	9.00	13.00	0.17
138	13.00	20.00	0.40
139	16.00	26.00	0.68
140	15.00	23.70	0.56
141	18.40	32.80	1.08
142	21.00	42.00	1.76
143	12.00	15.80	0.25
144	14.00	19.40	0.38
145	16.00	22.50	0.51
146	25.00	43.00	1.85
147	18.00	31.00	0.96
148	9.40	12.50	0.16
149	12.40	19.00	0.36
150	11.00	16.50	0.27
151	15.00	24.20	0.59
152	12.00	18.60	0.35
153	11.70	18.00	0.32
154	11.00	15.60	0.24
155	13.60	20.00	0.40
156	13.00	19.40	0.38
157	12.00	18.60	0.35
158	11.80	17.80	0.32

159	14.00	20.00	0.40
160	19.00	35.00	1.23
161	14.50	24.00	0.58
162	16.00	26.00	0.68
163	9.50	12.00	0.14
164	10.00	15.50	0.24
165	16.00	26.00	0.68
166	17.20	28.00	0.78
167	18.00	34.00	1.16
168	17.90	32.00	1.02
169	20.00	35.00	1.23
170	11.00	15.00	0.23
171	12.00	18.00	0.32
172	13.20	19.50	0.38
173	10.30	14.00	0.20
174	17.90	29.00	0.84
175	26.00	42.00	1.76
176	18.90	34.00	1.16
177	13.00	19.00	0.36
178	15.40	25.00	0.63
179	17.10	26.00	0.68
180	14.00	22.50	0.51
181	17.00	28.00	0.78
182	14.60	24.90	0.62
183	13.00	21.20	0.45
184	13.50	20.00	0.40
185	16.00	25.00	0.63
186	12.30	18.90	0.36
187	13.00	19.80	0.39
188	14.60	20.40	0.42
189	13.60	19.00	0.36
190	16.40	25.60	0.66
191	12.30	18.50	0.34
192	18.00	31.00	0.96
193	13.90	21.40	0.46
194	12.50	18.40	0.34
195	18.90	36.00	1.30
196	15.00	24.00	0.58
197	18.60	29.00	0.84
198	15.00	24.20	0.59
199	12.00	18.40	0.34

200	25.00	40.00	1.60
201	10.70	16.00	0.26
202	12.00	18.70	0.35
203	15.80	25.00	0.63
204	19.00	34.00	1.16
205	19.60	31.00	0.96
206	15.90	26.00	0.68
207	15.30	24.00	0.58
208	17.50	27.00	0.73
209	14.20	22.70	0.52
210	18.40	29.00	0.84
211	25.00	41.00	1.68
212	18.90	33.00	1.09
213	14.00	22.70	0.52
214	15.60	25.70	0.66
215	12.10	18.00	0.32
216	17.30	34.00	1.16
217	14.90	24.10	0.58
218	18.60	36.40	1.32
219	9.60	12.90	0.17
220	11.00	17.50	0.31
221	18.00	28.90	0.84
222	17.30	28.60	0.82
223	24.20	38.20	1.46
224	16.00	24.00	0.58
225	13.00	19.50	0.38
226	18.00	32.10	1.03
227	12.00	18.40	0.34
228	14.10	23.00	0.53
229	10.80	14.60	0.21
230	14.80	24.90	0.62
231	19.00	30.00	0.90
232	12.20	18.80	0.35
233	18.90	34.10	1.16
234	11.60	15.50	0.24
235	26.00	45.00	2.03
236	18.20	31.00	0.96
237	16.30	25.00	0.63
238	13.50	22.00	0.48
239	13.80	22.40	0.50
240	16.80	27.00	0.73

241	17.00	28.00	0.78
242	19.50	34.10	1.16
243	12.00	18.60	0.35
244	10.60	14.80	0.22
245	16.80	26.40	0.70
246	17.70	29.20	0.85
247	13.20	19.70	0.39
248	12.00	16.30	0.27
249	16.80	25.40	0.65
250	19.00	36.00	1.30
251	11.00	17.40	0.30
252	12.10	18.90	0.36
253	24.80	40.00	1.60
254	12.10	18.40	0.34
255	11.50	17.50	0.31
256	19.00	32.00	1.02
257	23.00	38.70	1.50
258	13.90	22.90	0.52
259	16.90	27.10	0.73
260	20.00	36.00	1.30
261	16.20	24.00	0.58
262	17.00	27.00	0.73
263	16.00	22.00	0.48
264	18.00	29.00	0.84

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 15: *Medidas dasométricas Pino-2019.*

TABLA DE ÁRBOLES TOMADOS COMO MUESTRA (PINO)			
Nº de árbol	Altura(H) (m)	DAP (cm)	Volumen total m3
1	5.20	12.50	0.16
2	7.70	17.60	0.31
3	9.50	21.50	0.46
4	10.30	23.80	0.57
5	13.90	29.50	0.87
6	6.00	12.80	0.16
7	6.50	15.40	0.24
8	9.20	21.20	0.45
9	16.20	31.40	0.99

10	11.60	25.90	0.67
11	22.10	38.30	1.47
12	18.50	35.60	1.27
13	6.80	15.90	0.25
14	7.70	18.80	0.35
15	9.40	21.60	0.47
16	12.90	27.80	0.77
17	22.80	39.00	1.52
18	10.50	21.70	0.47
19	17.20	33.00	1.09
20	6.00	14.60	0.21
21	5.80	13.50	0.18
22	13.00	29.00	0.84
23	7.20	17.20	0.30
24	18.20	34.00	1.16
25	13.20	28.40	0.81
26	12.40	26.70	0.71
27	16.10	30.00	0.90
28	7.50	16.70	0.28
29	6.30	15.00	0.23
30	5.20	13.30	0.18
31	7.80	18.40	0.34
32	11.20	22.40	0.50
33	21.10	36.00	1.30
34	6.50	14.70	0.22
35	7.90	18.00	0.32
36	8.30	19.60	0.38
37	5.10	12.00	0.14
38	7.30	17.60	0.31
39	14.00	28.00	0.78
40	13.10	26.30	0.69
41	12.50	24.00	0.58
42	13.50	28.00	0.78
43	10.00	21.10	0.45
44	7.00	17.10	0.29
45	8.60	19.40	0.38
46	8.10	18.60	0.35
47	11.80	22.30	0.50
48	11.00	22.00	0.48
49	19.00	34.00	1.16
50	18.10	33.10	1.10

51	14.30	28.20	0.80
52	7.10	15.00	0.23
53	4.80	12.30	0.15
54	6.00	16.90	0.29
55	19.70	36.00	1.30
56	9.00	19.20	0.37
57	6.30	15.60	0.24
58	7.70	18.40	0.34
59	10.30	19.60	0.38
60	10.80	20.00	0.40
61	11.00	20.00	0.40
62	11.80	21.70	0.47
63	5.00	12.50	0.16
64	7.60	18.90	0.36
65	10.50	22.00	0.48
66	9.30	19.40	0.38
67	7.80	18.60	0.35
68	7.70	18.40	0.34
69	7.90	19.60	0.38
70	11.60	25.00	0.63
71	13.80	28.90	0.84
72	17.90	34.00	1.16
73	15.00	31.20	0.97
74	11.40	25.40	0.65
75	9.80	19.70	0.39
76	7.70	18.20	0.33
77	7.00	16.40	0.27
78	6.60	16.20	0.26
79	9.20	20.80	0.43
80	6.30	14.90	0.22
81	7.60	17.40	0.30
82	19.00	35.00	1.23
83	5.10	12.60	0.16
84	8.60	19.40	0.38
85	7.90	18.40	0.34
86	7.50	18.20	0.33
87	6.50	15.70	0.25
88	9.00	20.00	0.40
89	12.80	26.00	0.68
90	13.00	28.40	0.81
91	6.70	14.50	0.21

92	12.90	28.00	0.78
93	15.00	30.20	0.91
94	7.20	16.80	0.28
95	7.50	17.90	0.32
96	5.00	12.50	0.16
97	7.90	18.90	0.36
98	12.00	25.00	0.63
99	10.60	22.40	0.50
100	7.30	16.00	0.26
101	7.70	18.50	0.34
102	8.60	19.70	0.39
103	16.00	32.50	1.06
104	6.70	14.80	0.22
105	7.00	18.20	0.33
106	6.90	15.90	0.25
107	7.70	18.40	0.34
108	9.60	21.20	0.45
109	15.60	31.40	0.99
110	11.60	25.90	0.67
111	22.00	38.30	1.47
112	18.80	35.60	1.27
113	6.90	15.90	0.25
114	7.60	18.80	0.35
115	9.80	21.60	0.47
116	12.70	27.80	0.77
117	22.20	39.00	1.52
118	10.00	21.70	0.47
119	17.30	33.00	1.09
120	6.90	14.60	0.21
121	6.30	13.50	0.18
122	13.90	29.00	0.84
123	7.50	17.20	0.30
124	17.90	34.00	1.16
125	13.20	28.40	0.81
126	11.90	26.70	0.71
127	9.00	18.20	0.33
128	6.30	15.70	0.25
129	8.90	20.00	0.40
130	12.00	26.00	0.68
131	13.30	28.40	0.81
132	6.00	14.50	0.21

133	13.50	28.00	0.78
134	15.30	30.20	0.91
135	8.60	18.40	0.34
136	9.60	22.40	0.50
137	19.00	36.00	1.30
138	6.50	14.70	0.22
139	9.00	18.00	0.32
140	9.60	19.60	0.38
141	4.80	12.00	0.14
142	7.50	17.60	0.31
143	13.50	28.00	0.78
144	12.60	26.30	0.69
145	11.50	24.00	0.58
146	13.00	28.00	0.78
147	9.20	21.10	0.45
148	8.30	17.10	0.29
149	5.00	12.00	0.14
150	16.80	32.80	1.08
151	7.60	18.65	0.35
152	10.00	22.60	0.51
153	11.80	25.00	0.63
154	7.20	17.60	0.31
155	10.50	23.00	0.53
156	8.50	19.20	0.37
157	14.00	29.50	0.87
158	9.20	21.00	0.44
159	6.00	14.00	0.20
160	6.30	15.60	0.24
161	8.60	19.00	0.36
162	7.90	18.50	0.34
163	7.50	18.70	0.35
164	5.00	12.40	0.15
165	11.80	25.00	0.63
166	6.00	14.80	0.22
167	9.00	19.00	0.36
168	10.10	22.00	0.48
169	7.10	16.70	0.28
170	12.00	26.00	0.68
171	6.10	15.00	0.23
172	7.10	17.00	0.29
173	4.80	12.40	0.15

174	8.60	19.60	0.38
175	9.80	22.40	0.50
176	13.00	28.40	0.81
177	6.00	14.50	0.21
178	7.20	16.70	0.28
179	12.30	26.00	0.68
180	7.70	18.60	0.35
181	17.90	34.00	1.16
182	23.00	43.00	1.85
183	17.00	31.00	0.96
184	12.20	25.90	0.67
185	5.00	12.50	0.16
186	7.80	18.60	0.35
187	7.30	17.80	0.32
188	10.00	23.00	0.53
189	6.50	15.40	0.24
190	14.00	29.30	0.86
191	15.20	30.00	0.90
192	6.40	15.80	0.25
193	7.80	19.00	0.36
194	18.00	35.00	1.23
195	6.00	14.70	0.22
196	7.50	17.50	0.31
197	10.00	22.00	0.48
198	14.00	28.00	0.78
199	8.60	19.40	0.38
200	16.50	32.10	1.03
201	7.50	18.00	0.32
202	6.00	15.00	0.23
203	7.70	19.00	0.36
204	6.30	15.40	0.24
205	11.60	25.00	0.63
206	12.50	26.40	0.70
207	13.90	29.00	0.84
208	6.50	16.00	0.26
209	5.20	14.20	0.20
210	7.20	18.50	0.34
211	7.30	18.10	0.33
212	6.90	17.60	0.31
213	8.00	18.00	0.32
214	8.50	19.00	0.36

215	9.00	20.50	0.42
216	6.30	15.90	0.25
217	7.00	16.40	0.27
218	6.00	15.00	0.23
219	11.00	24.00	0.58
220	23.00	39.50	1.56
221	15.00	31.00	0.96
222	4.80	12.50	0.16
223	8.60	19.00	0.36
224	6.50	16.50	0.27
225	11.00	24.20	0.59
226	7.70	18.60	0.35
227	7.20	18.00	0.32
228	6.30	15.60	0.24
229	9.00	20.00	0.40
230	8.10	19.40	0.38
231	7.70	18.60	0.35
232	6.90	17.80	0.32
233	8.60	20.00	0.40
234	18.80	35.00	1.23
235	11.00	24.00	0.58
236	12.30	26.00	0.68
237	4.90	12.00	0.14
238	6.30	15.50	0.24
239	12.10	26.00	0.68

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 04: Ficha de registro-fase trabajo en campo

Tabla 16: *Inventario de plantas en campo*

Ficha de campo para recolección y determinación de datos

N° de planta	Altura(H) (m)	DAP (cm)	Volumen total m3	Carbono en biomasa aérea (Kg)
1				
2				
3				
4				
...				
..				
.				
.				
..				
264				

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 05: Tablas estadísticas

Tabla 17: *Prueba de normalidad*

	Plantaciones forestales	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Altura(H) (m)	Pino	,143	239	,000	,896	239	,000
	Eucalipto	,073	264	,002	,933	264	,000
Dap (cm)	Pino	,158	239	,000	,931	239	,000
	Eucalipto	,125	264	,000	,927	264	,000
Volumen total (m3)	Pino	,194	239	,000	,860	239	,000
	Eucalipto	,158	264	,000	,822	264	,000
Captura de carbono en biomasa aérea(Tn)	Pino	,205	239	,000	,759	239	,000
	Eucalipto	,195	264	,000	,729	264	,000
Densidad de carbono Tn/ha	Pino	,202	239	,000	,759	239	,000
	Eucalipto	,196	264	,000	,729	264	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 18: *Suma de rangos y rango promedio*

Rangos				
	Plantaciones forestales	N	Rango promedio	Suma de rangos
Altura(H) (m)	Pino	239	164,92	39415,50
	Eucalipto	264	330,84	87340,50
	Total	503		
DAP (cm)	Pino	239	231,56	55342,00
	Eucalipto	264	270,51	71414,00
	Total	503		
Volumen total (m ³)	Pino	239	231,59	55349,00
	Eucalipto	264	270,48	71407,00
	Total	503		
Captura de carbono en biomasa aérea (Tn)	Pino	239	203,44	48621,00
	Eucalipto	264	295,97	78135,00
	Total	503		
Densidad de carbono Tn/ha	Pino	239	203,31	48590,00
	Eucalipto	264	296,08	78166,00
	Total	503		

Fuente: Elaboración Propia

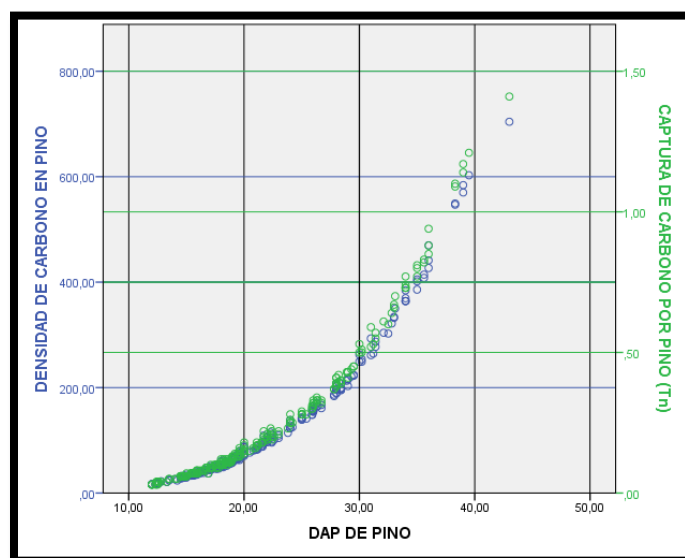
Tabla 19: *Prueba no parametrica de mann-whitney*

	Altura(H) (m)	Dap (cm)	Volumen total m ³	Captura de carbono en biomasa aerea(tn)	Densidad de carbono Kg/planta
U de Mann- Whitney	10735,500	26662,000	26669,000	19941,000	19910,000
W de Wilcoxon	39415,500	55342,000	55349,000	48621,000	48590,000
Z	-12,787	-3,002	-2,998	-7,133	-7,149
Sig. asintótica (bilateral)	,000	,003	,003	,000	,000

Fuente: Elaboración Propia

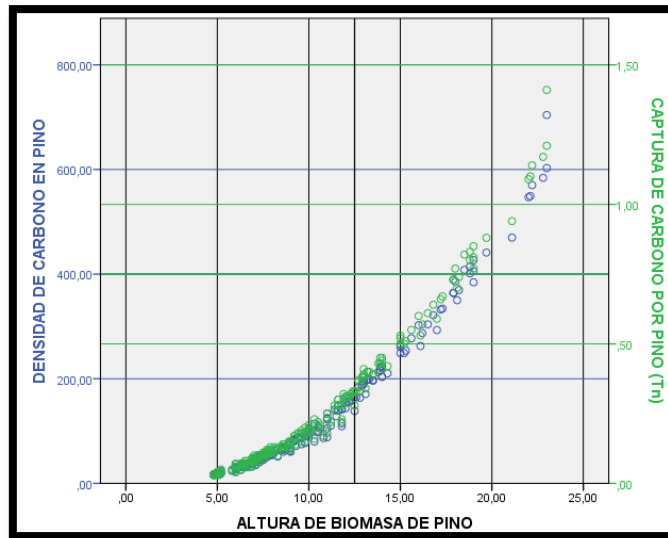
ANEXO 06: Gráficos de variables para las especies forestales de eucalipto y pino

Figura 23: *Variable dependiente de captura de carbono de la especie forestal pino (DAP)*



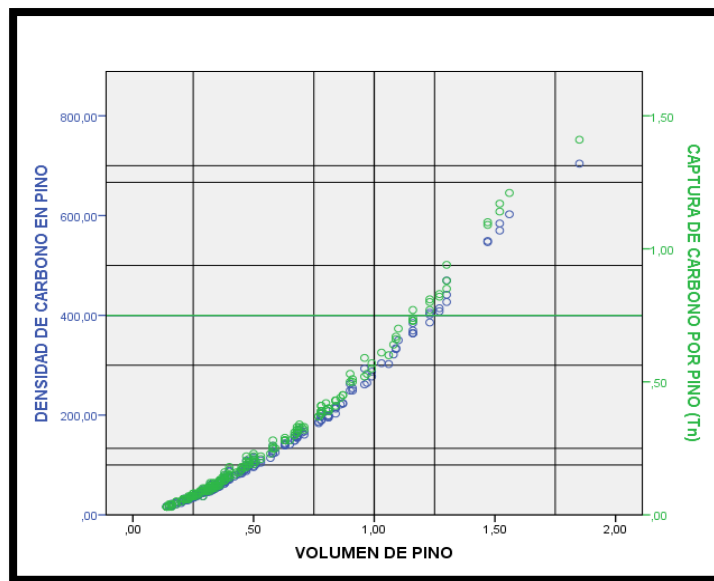
Fuente: Elaboración propia

Figura 24: Variable dependiente de captura de carbono de la especie forestal pino (Altura de biomasa).



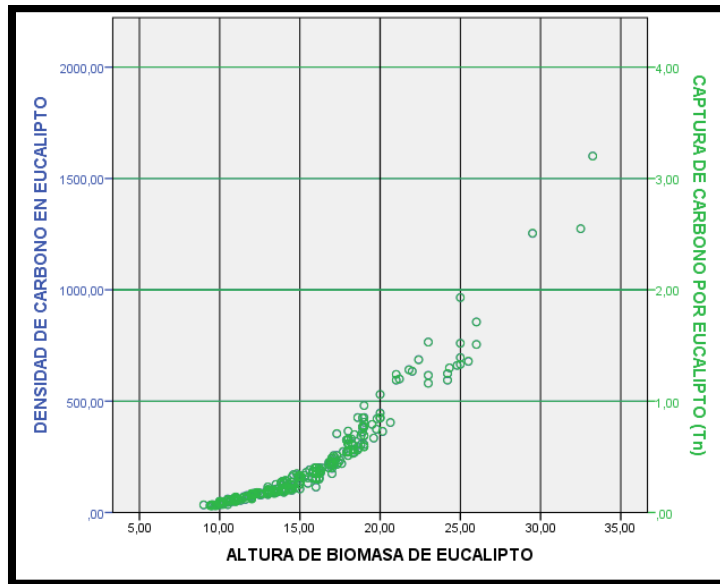
Fuente: Elaboración propia.

Figura 25: Variable dependiente de captura de carbono de la especie forestal Pino(volumen).



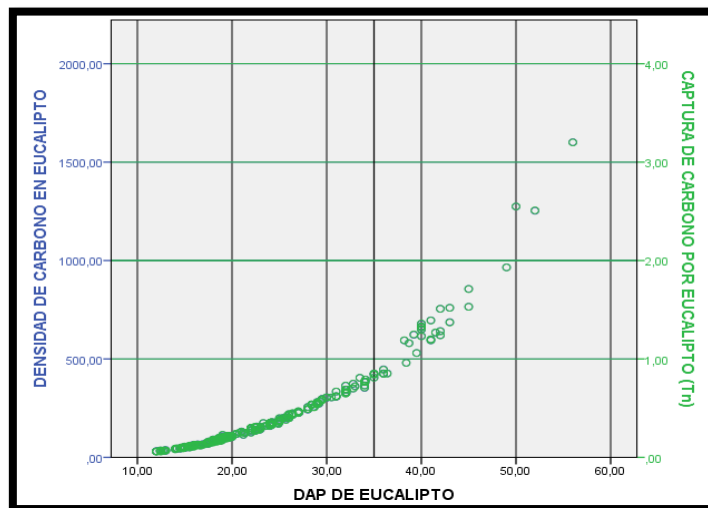
Fuente: Elaboración propia.

Figura 26: Variable dependiente densidad de carbono-captura de carbono en especie forestal eucalipto (Altura).



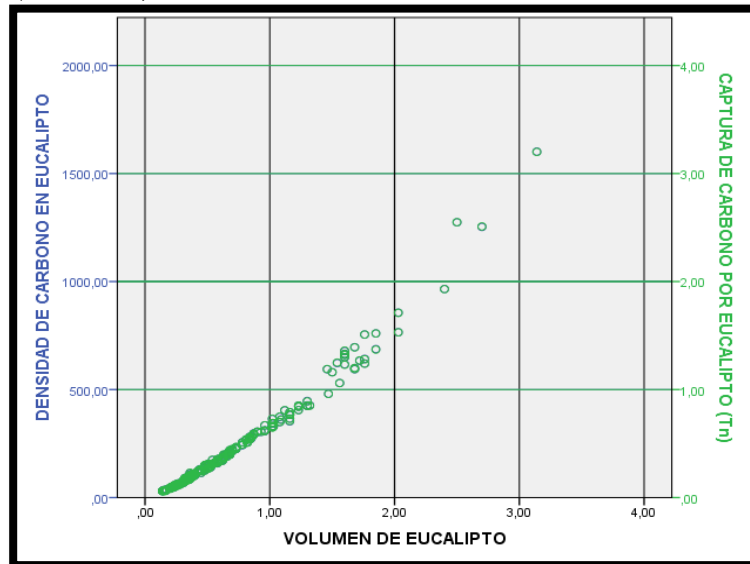
Fuente: Elaboración propia.

Figura 27: Variable dependiente densidad de carbono-captura de carbono en especie forestal eucalipto (Dap).



Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Variable dependiente densidad de carbono-
captura de carbono en especie forestal eucalipto
(Volumen).



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7: Imágenes de la formulación del programa Matlab.

Figura 29: Formulación de ecuación para la especie forestal *Eucalyptus globulus*.

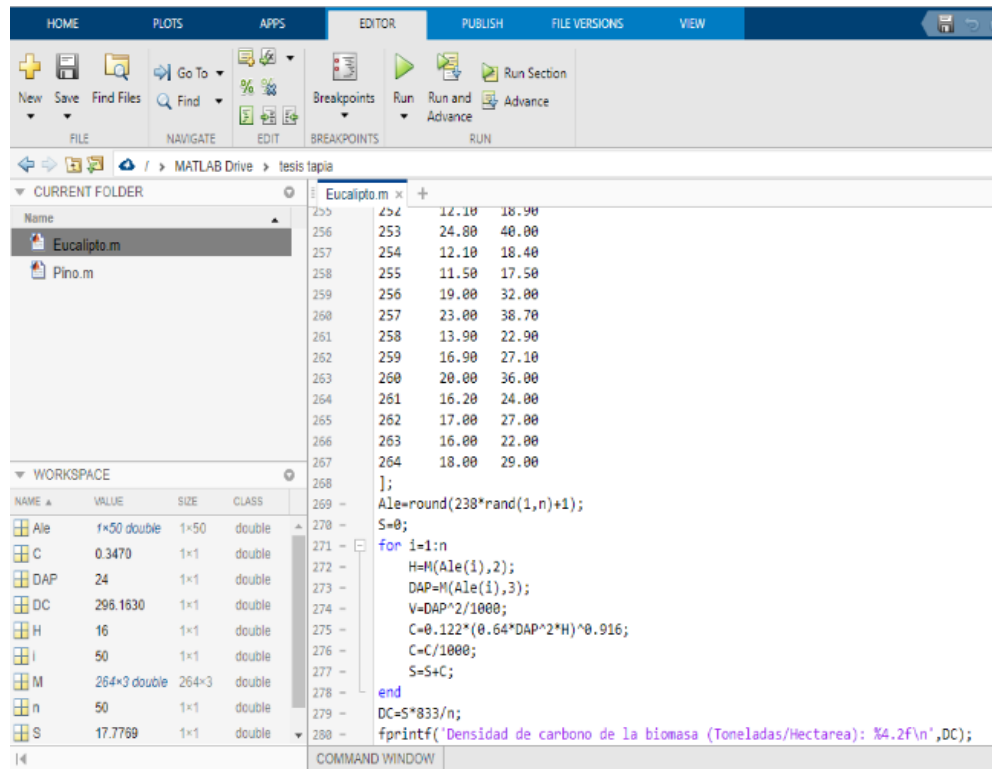
```

% Eucalipto.m
% Definición de variables
Ale = round(238*rand(1,n)+1);
S = 0;
for i = 1:n
    H = M(Ale(i),2);
    DAP = M(Ale(i),3);
    V = DAP^2/1000;
    C = 0.122*(0.64*DAP^2*H)^0.916;
    C = C/1000;
    S = S+C;
end
DC = S*833/n;
fprintf('Densidad de carbono de la biomasa (Toneladas/Hectarea): %4.2f\n',DC);

```

Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Formulación de ecuación para la especie forestal *Pinus radiata*



Fuente: Elaboración propia